
BACHELORARBEIT

Herr

Thomas Wolf

**Analyse und Entwicklung eines
Workflows zur Erstellung eines
Rundgangs durch das neue
Medienzentrum, mit Hilfe von
sphärischen Panoramen**

2015

BACHELORARBEIT

Analyse und Entwicklung eines Workflows zur Erstellung eines Rundgangs durch das neue Medienzentrum, mit Hilfe von sphärischen Panoramen

Autor:
Herr Thomas Wolf

Studiengang:
Medientechnik

Seminargruppe:
MT11wF-B

Erstprüfer:
Prof. Dipl. Toningenieur Mike Winkler

Zweitprüfer:
B. Sc. Christian Roschke

Einreichung:
Mittweida, 05.02.2015

BACHELOR THESIS

Analysis and development of a workflow for the creation of a walkabout through the new me- dia center, with the help of spherical panoramas

author:

Mr. Thomas Wolf

course of studies:

Media technology

seminar group:

MT11wF-B

first examiner:

Prof. Dipl. Toningenieur Mike Winkler

second examiner:

B. Sc. Christian Roschke

submission:

Mittweida, 02/05/2015

Bibliografische Angaben:

Wolf, Thomas:

Analyse und Entwicklung eines Workflows zur Erstellung eines Rundgangs durch das neue Medienzentrum, mit Hilfe von sphärischen Panoramen

Analysis and development of a workflow for the creation of a walkabout through the new media center, with the help of spherical panoramas

2015 - 75 Seiten

Mittweida, Hochschule Mittweida (FH), University of Applied Sciences,
Fakultät Medien, Bachelorarbeit, 2015

Abstract

Diese Arbeit klärt die Frage, welche Schritte nötig sind, um einen virtuellen Panorama-Rundgang durch das neue Medienzentrum in Mittweida zu realisieren. Dazu werden zuerst die nötigen technischen Grundlagen geklärt, welche zur Erstellung eines solchen Rundgangs nötig sind. Anschließend werden vorhandene Workflows verschiedener Autoren mit Hilfe spezieller Diagramme in eine einheitliche Form gebracht und miteinander verglichen. Aus den Erkenntnissen dieses Vergleichs wird im letzten Teil der Arbeit ein optimierter Workflow entwickelt und Erweiterungsmöglichkeiten in Aussicht gestellt.

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis.....	VII
Abbildungsverzeichnis.....	VIII
Tabellenverzeichnis.....	IX
1 Ziel der Arbeit.....	1
2 Technische Grundlagen.....	5
2.1 Die Kamera.....	6
2.1.1 Funktionsprinzip einer Spiegelreflexkamera.....	8
2.1.2 Der Sensor.....	10
2.1.3 Das Objektiv.....	13
2.2 Gigapan Epic Pro.....	16
2.2.1 Aufbau und Funktionsweise.....	17
2.2.2 Exkurs: Parallaxefreier Punkt.....	19
2.3 PTgui.....	21
2.4 Autopano Giga.....	22
2.5 Panotour Pro 2.....	23
2.6 Pano2VR Pro.....	25
3 Analyse bestehender Workflows.....	26
3.1 Erstellung von Einzelfotos.....	28
3.2 Zusammensetzen der Einzelbilder.....	31
3.3 Erstellen einer Panoramatour.....	34
4 Entwicklung eines Workflows.....	36
4.1 Vorüberlegungen.....	37
4.1.1 Planung der Tour.....	38
4.1.2 Technische Vorbereitung.....	39
4.2 Fotoaufnahmen mit Gigapan.....	41
4.3 Das Stitching mit Autopano Giga.....	44
4.4 Erstellen der Tour mit Panotour Pro 2.....	48
4.4.1 Mögliche Erweiterungen der Tour.....	49
5 Schlussbetrachtungen.....	50

Literaturverzeichnis.....	X
Anlagen.....	XIV
Eigenständigkeitserklärung.....	XXIII

Abkürzungsverzeichnis

EXIF

...Exchangeable Image File Format

GB

...Gigabyte

GPS

...Global Positioning System

HDR

...High Dynamic Range

HTML5

...Hypertext Markup Language Version 5

JPEG

...Joint Photographic Experts Group

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Panoramatypen.....	3
Abbildung 2: Beispiele für Farbinterpolation.....	11
Abbildung 3: Schematischer Aufbau eines CMOS-Sensors.....	12
Abbildung 4: Lage der Hauptebenen im Linsensystem.....	14
Abbildung 5: Aufbau des Gigapan Epic Pro-Panoramakopf.....	17
Abbildung 6: Darstellung eines Parallaxefehlers bei Panoramaaufnahmen.....	20
Abbildung 7: Panoramaaufnahme des Marsrovers Opportunity.....	24
Abbildung 8: Panorama mit Fehlerhaften Sektionen (von Peter West Carey).....	30
Abbildung 9: Programmoberfläche im "Style"-Abschnitt (Panotour Pro 2).....	34
Abbildung 10: Programmoberfläche im "Skin Editor" (Pano2VR Pro).....	35
Abbildung 11: Ansicht der Einzelfotos im Explorerfenster.....	42
Abbildung 12: Ausschnitt des Panoramas vor der Bearbeitung.....	45
Abbildung 13: Ausschnitt des Panoramas nach der Bearbeitung.....	46
Abbildung 14: Panorama nach der Farbkorrektur.....	47

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Zeitaufwand, gemessen an den erstellten Probeaufnahmen.....	43
--	----

1 Ziel der Arbeit

„Ich schwanke zwischen Wirklichkeit und Nichtwirklichkeit, zwischen Natur und Unnatur, zwischen Wahrheit und Schein. Meine Gedanken, meine Lebensgeister erhalten eine schwingende, hin und her gestoßene, schaukelnde Bewegung, die eben so wirkt, wie das Herumdrehen im Kreise und das Schwanken des Schiffs. Und so erkläre ich mir den Schwindel und die Übelkeit, die den unverwandten Anschauer des Panorama überfällt.“¹

So beschrieb der deutsche Philosoph Johann August Eberhard seine ersten Erfahrungen mit Panoramen im Jahr 1807. Zu dieser Zeit wurden Panoramen noch gemalt und waren eine Attraktion, für die man Eintritt zahlte. Es waren rundumlaufende Kuppelgemälde, in deren Mitte sich die Zuschauer bewegen und die Details betrachten konnten. Die ersten Panoramen zeigten Landschaften, historische Ereignisse oder Stadtansichten.

Der Schöpfer des Wortes Panorama, der irische Maler Robert Barker, meldete den Begriff 1787 zum Patent an.² Er setzte es aus den griechischen Wörtern „pän“ (= ganz, all, jeder)³ und „hórama“ (= das Geschaute)⁴ zusammen.

Auch heute kann man mit Hilfe von Panoramen einen realistischen Eindruck eines bestimmten Motivs oder einer Situation vermitteln. Im Gegensatz zu den Anfängen werden Panoramen heute aber nicht mehr gemalt, sondern fotografiert. Dafür werden zahlreiche Einzelfotos zu einem großen Bild zusammengefügt und auf eine Projektionsfläche gebracht. Dabei gibt es verschiedene Typen von Panoramen, die sich vor allem in ihrer Größe und Anwendung unterscheiden und auf die an dieser Stelle genauer eingegangen werden soll.

Der einfachste Typ eines Panoramas ist ein rechteckiges Panoramafoto. Es wird häufig verwendet um Landschaften oder größere Motive fotografisch festzuhalten, die auf einem Einzelfoto ansonsten keinen Platz finden oder nicht entsprechend wirken würden. Außerdem können Panoramen so besser auf großformatige Plakate oder Poster ge-

1 Panorama, o. J., <<http://www.medien-gesellschaft.de/html/panorama.html>>, Stand: 03.01.2015.

2 vgl. Böhringer, Joachim: Kompendium der Mediengestaltung für Digital- und Printmedien, Berlin; Heidelberg 2011, S. 406.

3 Duden | pan- | Rechtschreibung, Bedeutung, Definition, Herkunft, o. J., <http://www.duden.de/rechtschreibung/pan_>, Stand: 03.01.2015.

4 Duden | Panorama | Rechtschreibung, Bedeutung, Definition, Synonyme, Herkunft, o. J., <<http://www.duden.de/rechtschreibung/Panorama>>, Stand: 03.01.2015.

druckt werden, da sich die Pixelanzahl der Einzelbilder summiert. Eine Erweiterung des rechteckigen Panoramas, ist das zylindrische Panorama. Es ermöglicht einen 360°-Rundblick und es kommt den historischen Panoramen am nächsten. Geht man noch weiter und fügt dem zylindrischen Panorama einen Boden (Nadir) und Deckel (Zenit) hinzu, spricht man von einem sphärischen Panorama, welche in dieser Arbeit im Mittelpunkt stehen.

Sphärische Panoramen, oder Kugelpanoramen, sind eine Extremform von Panoramaaufnahmen. Sie stellen, ausgehend von einem zentralen Betrachtungspunkt, eine komplette Szene oder ein Motiv in einem horizontalen 360°-Rundblick dar. Im Gegensatz zu zylindrischen Panoramen, welche ebenfalls einen 360°-Bereich abdecken, stellen sphärische Panoramen auch vertikal alles dar und decken einen vertikalen 180°-Blickwinkel ab. Der Bereich über dem Standort des Betrachter bzw. der Kamera heißt Zenit, der gegenüberliegende Bereich Nadir.⁵

Sphärische Panoramen sind besonders für die Darstellung im Web geeignet, da man sie tatsächlich als Kugel darstellen kann, in der sich der Betrachter frei umsehen kann. Diese Art von Fotografie ist die realistischste Variante, ein Motiv abzubilden, da der Fotograf nicht auf einen Teilbereich des Motivs beschränkt ist. Der Betrachter kann die Aufnahmen so anschauen, wie sie die Kamera aufgenommen hat. Es gibt aber auch die Möglichkeit, ein sphärisches Panorama in 2D darzustellen. Diese equirectangularen Panoramen⁶ haben nicht nur eine besonders komplizierte Bezeichnung, sondern sind auch stark verzerrt und wirken oft wenig spektakulär.

Logischerweise steigt mit der Komplexität der Aufnahme die Schwierigkeit und der Zeitaufwand. Zum Aufnehmen eines sphärischen Panoramas sind diverse Vorbereitungen und eine gründliche Planung notwendig. Teilweise entstehen bei den Aufnahmen mehrere hundert Fotos pro Standort. Durch die konstruktionsbedingten Einschränkungen, die Stative und der Gigapan mit sich bringen und die keinen vertikalen 180°-Blickwinkel zulassen, werden die Aufnahmen für Zenit und Nadir meist händisch angefertigt.

5 vgl. Galileo Design :: Das Praxisbuch HDR-Fotografie – 6.3 Projektionsarten und Panoramaformen, o. J., <http://openbook.galileo-press.de/hdr_fotografie/hdr_06_003.htm#mj28ebca1f2a2f3ea6b796214dbcb34306>, Stand: 22.12.2014.

6 vgl. 360°X180°: Sphärisches Panorama, o. J., <<http://www.360x180.info/Sphaerisches-Panorama.32.0.html>>, Stand: 22.12.2014.

Nimmt man nun wiederum mehrere dieser sphärischen Panoramen und verbindet sie durch logische Punkte, wird daraus eine Panoramatour.



Abbildung 1: Panoramatypen⁷

Um eine solche Tour, soll es in der folgenden Arbeit gehen.

Mit der Eröffnung des neuen Zentrums für Medien und Soziale Arbeit (Medienzentrum) in Mittweida im August 2014 bietet sich der Fakultät Medien die Möglichkeit, sich mit einem architektonisch ansprechenden Gebäude zu präsentieren. Das neue Gebäude beinhaltet ein

„über drei Stockwerke hohe[s] und 400 Quadratmeter große[s] Fernsehstudio, das zusammen mit der zugehörigen Medientechnik und anderen Studioräumen das neue Lehrgebäude zur Spitze im europäischen Vergleich gehören lässt.“⁸

Eine Panoramatour durch das neue Medienzentrum ist ein gutes Mittel um verschiedenen Interessengruppen (wie zum Beispiel Studienbewerber) einen Einblick in die Räumlichkeiten zu geben. Die Tour kann beispielsweise von der Website der Hochschule aufgerufen werden und funktioniert auf vielen verschiedenen Endgeräten.

Da die Hochschule bereits mit einem Gigapan Epic Pro-Panoramakopf und Fotokameras mit Zubehör über die technischen Voraussetzungen verfügt, entstand die Idee, das Projekt einer Panoramatour mit einer wissenschaftlichen Arbeit zu begleiten. Der Autor setzte sich dafür mit Herrn Christian Roschke in Verbindung und es wurden erste Ideen ausgewertet. Nach einiger Recherche des Autors konnte man sich schließlich auf ein Thema einigen woraus diese Arbeit resultiert.

Um eine Panoramatour in diesem Umfang zu erstellen, bedarf es einiger Planung. Daher stellt sich die zentrale Frage:

Welche Schritte sind nötig, um einen virtuellen Panoramarundgang durch das Medienzentrum zu realisieren?

Um diese Frage zu beantworten, hat sich der Autor entschieden, vorhandene Vorgehensweisen zu ermitteln, zu analysieren und zu optimieren bzw. an das Medienzen-

⁷ panoramatypen.png (PNG-Grafik, 130 × 280 Pixel), o. J., <<http://www.360-grad-rundgaenge.de/images/stories/panoramamatypen.png>>, Stand: 03.02.2015 (bearbeitet).

⁸ Hochschule Mittweida: Schlüssel zur fachübergreifenden Zukunft der Hochschule, o. J., <https://www.hs-mittweida.de/nc/newsampservice/hsmw-news/detailansicht-hswm-news/browse/5/article/schluesel-zur-fachueberbergreifenden-zukunft-der-hochschule.html?tx_ttnews%5BbackPid%5D=75&cHash=55791e707867c52c03b6944257df-c78d>, Stand: 03.01.2015.

trum anzupassen. Geht man nach Prof. Helmut Balzerts Einteilung der verschiedenen Typen von wissenschaftlichen Arbeiten, könnte man diese Arbeit am ehesten der Kategorie *Konstruktive Arbeit*⁹ zuordnen, denn sie sucht nach „*einer Lösung, die die [...] Anforderungen in neuer oder neuartiger Form erfüllt.*“¹⁰

Diese Arbeit stellt in keiner Weise die sprichwörtliche Neuerfindung des Rades dar, viel mehr soll mit Hilfe von vorhandenen Erkenntnissen und Erfahrungsberichten aus der Praxis, ein Werk mit gesammelten und optimierten Informationen bereitgestellt werden. Der Anspruch des Autors ist es, eine übersichtliche Darstellung zu liefern, mit deren Hilfe es möglich ist, das Ergebnis jeder Zeit zu reproduzieren. Diese Arbeit soll eine Anleitung für Interessierte sein, natürlich mit dem Anspruch einer wissenschaftlichen Arbeit.

Zu Beginn der Arbeit werden technische Grundlagen geklärt. Alle für die Arbeit verwendeten Hilfsmittel werden behandelt und je nach Wichtigkeit näher erklärt. Anschließend wird der Autor verschiedene Arbeitsabläufe (Workflows) aus der Praxis auswerten. Dafür werden diese in eine einheitliche grafische Form gebracht und ausgewertet. Das hierfür verwendete Material besteht aus Erfahrungsberichten aus Fachblogs, welche von vertrauenswürdigen Autoren verfasst wurden. Es gibt bereits wissenschaftliche Texte zum Thema virtuelle Rundgänge¹¹, allerdings sind diese stark veraltet und/oder inhaltlich stark abweichend von der hier beschriebenen Thematik. Sind diese Materialien erfolgreich ausgewertet, wird der Autor im letzten Kapitel der Arbeit einen, für das Medienzentrum angepassten Workflow entwickeln. Dazu werden die Erkenntnisse aus den Auswertungen genutzt, um Fehler zu vermeiden und den gesamten Prozess zeitlich als auch qualitativ zu optimieren.

9 vgl. Balzert, Helmut; Schröder, Marion; Schäfer, Christian: Wissenschaftliches Arbeiten Ethik, Inhalt & Form wiss. Arbeiten, Handwerkszeug, Quellen, Projektmanagement, Präsentation, Herdecke; Witten 2011, S. 72.

10 Ebd., S. 77.

11 siehe Schmidt, Daniel: Hochschule für angewandte Wissenschaft Hamburg - Diplomarbeit - Virtueller Rundgang.pdf, 2004, <<http://users.etch.haw-hamburg.de/users/Fitz/Diplomarbeit%20-%20Virtueller%20Rundgang.pdf>>, Stand: 18.01.2015.

2 Technische Grundlagen

Zu Beginn der Arbeit sollen einige Grundlagen geklärt werden. Ziel dieses Kapitels ist es, unerfahrenen Benutzern ein technisches Grundverständnis über die verwendete Technik zu geben.

Die Werkzeuge dieser Arbeit werden in zwei Kategorien unterteilt: Hardware und Software.

- Hardware:

Unter Hardware versteht man technische Geräte, die zum Erstellen der Fotoaufnahmen benötigt werden. Dazu zählen zum einen die Kamera (in Form einer Spiegelreflexkamera) und zum anderen der Gigapan Epic Pro-Panoramakopf. Zunächst wird die Kamera und ihre Funktionsweise erläutert. Wichtige Eigenschaften, die eine maßgebliche Rolle zur Erstellung von Panoramaaufnahmen spielen, werden dabei näher betrachtet. Genauso verhält es sich mit dem Gigapan Epic Pro. Der Gigapan Epic Pro ist ein spezieller Roboter, der dazu entwickelt wurde, Panoramafotos zu erstellen.

Außerdem wird der Begriff „parallaxefreier Punkt“ genauer erklärt.

- Software:

Die Software besteht aus zwei Programmgruppen mit jeweils zwei Vertretern: Der Software zum Zusammensetzen der Fotos (PTgui, Autopano Giga) und der Software zum Erstellen einer Panoramatour (Panotour Pro 2, Pano2VR Pro). Diese Programme werden hier im Grundlagenteil kurz vorgestellt und später im Kapitel „Analyse bestehender Workflows“ miteinander verglichen.

2.1 Die Kamera

Jede Kamera besteht in ihrem Grundaufbau aus fünf Komponenten:

- einer Linse (Objektiv)
- einer Blende
- einem lichtdichten Gehäuse
- einem Verschluss und
- einer lichtempfindlichen Schicht (Sensor).¹²

Das Licht passiert in genau dieser Reihenfolge die einzelnen Komponenten. Natürlich ist diese Auflistung sehr auf das Wesentliche heruntergebrochen, aber es hilft dabei, den Aufbau der Kamera zu verstehen.

Der Lichtstrahl des abzubildenden Objekts trifft zuerst auf das Objektiv. Dort wird es von mehreren Linsen (einem Linsensystem) gebrochen und umgelenkt. Das Ziel des Objektives ist es, das ankommende Licht so zu bündeln, dass es auf den Sensor trifft. Um die Lichtmenge, die durch das Objektiv einfällt zu regulieren, gibt es die Blende. Je nach Größe der Öffnung der Blende, trifft mehr oder weniger Licht auf den Sensor. Genauere Ausführungen zum Objektiv und der Blende werden im Abschnitt „Das Objektiv“ erläutert.

Nachdem das Licht das Objektiv passiert hat, kommt es in ein lichtdichtes Gehäuse, in dem sich der Verschluss und die lichtempfindliche Schicht befinden. Das Gehäuse muss die lichtempfindliche Schicht von jeglichem Licht (außer dem des Objektives) schützen, damit keine unerwünschte Belichtung in diesem Bereich auftritt. Andernfalls könnten Fehler und Störungen in den erstellten Bildern auftreten, die sie unbrauchbar machen würden. Der Verschluss schützt die lichtempfindliche Schicht vor dem Licht aus dem Objektiv, damit diese nicht dauerhaft belichtet wird. Für die Belichtung der lichtempfindlichen Schicht reicht meistens schon der Bruchteil einer Sekunde. Dafür wird der Verschluss geöffnet und gibt so die lichtempfindliche Schicht für das Licht frei. Wenn die lichtempfindliche Schicht analoges Filmmaterial ist, muss es anschließend im Labor entwickelt werden. Heutzutage ist diese Schicht allerdings ein Sensor, ein elektronisches Bauteil, welche die Helligkeitsinformationen der einzelnen Sensorbereiche

¹² vgl. Westphalen, Christian.: Die große Fotoschule: digitale Fotopraxis, Bonn 2011, S. 41.

(Pixel) an einen Speicher weitergibt. Weitere Ausführungen zum Sensor werden im Abschnitt „Der Sensor“ erläutert.

Es gibt und gab im Laufe der Geschichte der Fotografie verschiedene Kamerateypen. Alle arbeiten aber heute noch nach diesem Prinzip. Dieameratechnik wurde natürlich immer weiter entwickelt und heute gibt es eine Vielzahl an Eigenschaften, die Kameras qualitativ voneinander unterscheiden. Die wichtigsten Eigenschaften, welche maßgeblich zu dem in dieser Arbeit behandelten Projekt beitragen, werden in den folgenden Kapiteln ausführlich behandelt.

2.1.1 Funktionsprinzip einer Spiegelreflexkamera

Für die Erstellung der Panoramen wird in diesem Projekt eine Spiegelreflexkamera verwendet. Diese Kameras zeichnen sich vor allem dadurch aus, dass die Objektive auswechselbar sind und somit optimal dem jeweiligen Anwendungsgebiet angepasst werden können. Des Weiteren kann man bei professionellen Spiegelreflexkameras eine Vielzahl an Parametern, wie Blende, Belichtungszeit oder Fokus, selbst einstellen und somit die Bilder noch mehr beeinflussen. Spiegelreflexkameras werden auch als DSLR-Kameras bezeichnet. Der Begriff leitet sich aus dem Englischen ab und bedeutet *digital single lens reflex* Kamera. Das *single* steht dabei für ein einzelnes Objektiv, welches für den Sucher und die Aufnahme benutzt wird.¹³

Stark vereinfacht hat eine Spiegelreflexkamera zwei aufeinander folgende Zustände. Der erste Zustand ist der Sucher-Modus. Das ist der Zustand, bei dem das Motiv betrachtet werden kann und der Sensor unbelichtet bleibt.

„Vor dem Auslösen wird das Licht vom Objektiv durch einen halbdurchlässigen Spiegel in zwei Strahlen aufgeteilt. Der eine führt nach oben auf die Mattscheibe, wird über das Pentaprisma in das Okular gespiegelt und geht von dort in das Auge des Fotografen.“¹⁴

Die Mattscheibe (oder Einstellscheibe) ist ein Plättchen, auf dem das Motiv, wie es vom Objektiv gesehen wird, dargestellt wird. Dieses Plättchen ist auf einer Seite glatt und auf der anderen rau, daher der Name Mattscheibe. Sie sitzt genau über dem halbdurchlässigen Spiegel und hat optisch den gleichen Abstand zur Objektivöffnung wie der Sensor, das heißt das Licht legt zur Mattscheibe genau den selben Weg zurück wie zum Sensor. Das ist sehr wichtig damit die Schärfe gut beurteilt und eingestellt werden kann.¹⁵

Das Pentaprisma (genauer Dachkant-Pentaprisma) funktioniert etwa wie ein Spiegel, der das Bild im rechten Winkel zum Okular (dem „Guckloch“ für den Fotografen) wirft. Der Unterschied zu einem normalen um 45° gekippten Spiegel ist, dass das Pentaprisma das Bild nicht seitenverkehrt spiegelt.

¹³ vgl. Ebd., S. 52.

¹⁴ Ebd., S. 52.

¹⁵ vgl. Fokussieren < Die Kamera < Grundlagen < Fotoschule, o. J., <http://www.puchner.org/Fotografie/technik/die_kamera/fokus.htm>, Stand: 15.12.2014.

„Das Dachkantprisma wird oft im Sucher von Spiegelreflexkameras eingesetzt (Pentaprismentrichter). Hierbei erhält man ein seitenrichtiges und aufrechtes Bild, weil das Bild auf der Mattscheibe der Kamera aufrecht und seitenverkehrt ist.“¹⁶

Der zweite Strahl, der durch den halbdurchlässigen Spiegel führt, wird durch einen zweiten Spiegel zu einer Messeinheit gelenkt. Diese Messeinheit besteht aus mehreren Messfeldern, die unter anderem die Farbverteilung, Belichtung und Schärfe messen können.¹⁷ Im automatischen Modus der Kamera wird nach diesen Messwerten zum Beispiel der Belichtungswert (ISO-Wert), die Belichtungszeit und die Blende eingestellt und der Motor für die Fokussierung angesteuert.

Der zweite Zustand tritt ein, wenn der Auslöser gedrückt wird. Die von der Messeinheit ermittelten Werte werden interpretiert und die erforderlichen Maßnahmen getroffen (Einstellen der Belichtungszeit, Fokussieren etc.).

„Dann klappt sie [die Kamera] den Spiegel hoch, übermittelt den Blendenwert an das Objektiv, das die Blende daraufhin auf den eingestellten Wert schließt. Nun öffnet sich der Verschluss und lässt das Licht auf die Sensoreinheit.“¹⁸

Ist die Belichtungszeit verstrichen, kehren alle Automatismen in den Ursprungszustand zurück. Die Sensordaten werden in einen kleinen Zwischenspeicher (Ausleseregister) geladen und von dort aus vom Bildprozessor zu einem Bild zusammengerechnet. Dieses wird anschließend auf die Speicherkarte geschrieben. Dieser Vorgang kann bei professionellen Kameras mehrere Male pro Sekunde stattfinden.

16 Pentaprisma in der Fotografie | Design Portal für Designer - Studium, Ausbildung und Beruf, o. J., <<http://www.design-literatur.de/fotografie-lexikon-pentaprisma>>, Stand: 15.12.2014.

17 vgl. Belichtungsmessung mit modernen Spiegelreflexkameras, Erklärung unterschiedlicher Methoden zur Messung der Belichtung, o. J., <<http://www.scandig.info/Belichtungsmessung.html>>, Stand: 16.12.2014.

18 Westphalen, Christian.: Die große Fotoschule, S. 53.

2.1.2 Der Sensor

Die Fotodioden des Sensors funktionieren etwa wie eine Solarzelle. Sie nehmen Lichtenergie auf und wandeln diese in ein elektronisches Signal um. Die einzelnen Fotodioden stellen dabei die einzelnen Pixel des Bildes dar. Die Anzahl und Aneinanderreihung der Fotodioden auf dem Chip entspricht also der Anzahl und Aneinanderreihung der Pixel auf dem späteren Foto. Die einzelnen Dioden nehmen in der Zeit, in der sie belichtet werden, einzelne Helligkeitswerte wahr. Je mehr Licht auf eine Diode fällt, desto höher ist der von ihr erzeugte Strom. Dieser Strom wird gemessen und als eine digitale Helligkeitsinformation abgespeichert.

Die Dioden können keinerlei Informationen über die Farbe des Lichtes wahrnehmen, sondern nur die Helligkeit bestimmen. Um trotzdem farbige Bilder aufnehmen zu können, werden auf den einzelnen Dioden Farbfilter angebracht. Diese Farbfilter unterscheiden sich in den Farben Grün, Rot und Blau im Verhältnis 2:1:1, das heißt *„wenn Ihre Kamera eine Auflösung von 16 Megapixeln besitzt, dann hat sie in Wirklichkeit 8 Millionen grüne Pixel und jeweils 4 Millionen rote und blaue Pixel“*¹⁹ Dieses Verhältnis wurde gewählt, weil es an die Farbwahrnehmung des Menschen angelehnt ist. Es wird „Bayer-Muster“ genannt und wurde von dem Amerikaner Bryce Bayer im Jahr 1974 entwickelt.²⁰

Jedes Pixel kann pro Bild nur einen Helligkeitswert und eine Farbe annehmen, und zwar die des Filters, der davor angebracht ist. Damit ein Pixel aber auch mehrere Farben darstellen kann, müssen Farbinformationen aus den umliegenden Pixeln berechnet werden. Dieses Verfahren nennt man Interpolation. Dabei wird ein Pixel aus den direkt angrenzenden Pixeln und sich selbst berechnet. Es ergibt sich ein 3x3 Pixel großes Feld:

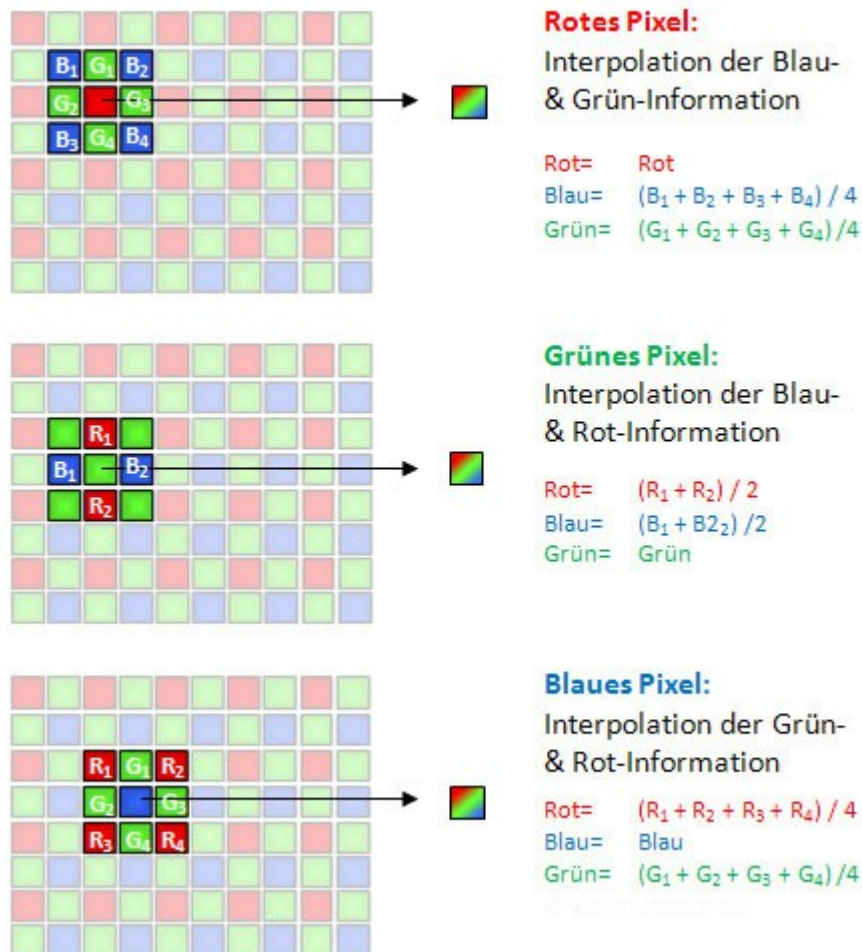
*„Bei einem 3x3-Pixelblock ist das zentrale Pixel von jeweils 8 Nachbarn umgeben. Dabei sind vier der Pixel direkt senkrecht und waagrecht angeordnet, vier weitere diagonal. Aus diesen Pixeln wird nun für das zentrale Pixel die fehlende Farbinformation für die zwei anderen Farbkanäle durch Mittelwertsbildung aus den Nachbarn errechnet.“*²¹

¹⁹ Ebd., S. 43.

²⁰ vgl. Hevesi, Dennis: Bryce Bayer, Inventor of a Filter to Make Color Digital Pictures, Dies at 83, in: The New York Times, 28. November 2012, <<http://www.nytimes.com/2012/11/29/business/bryce-bayer-inventor-of-a-filter-to-make-color-digital-pictures-dies-at-83.html>>, Stand: 02.12.2014.

²¹ Bayer-Farbinterpolation, o. J., <<http://www.vision-doctor.de/flaechenkameras/1chip-farbkameras/bayer-farbinterpolation.html>>, Stand: 02.12.2014.

Bayer-Mosaik Farbinterpolation

Abbildung 2: Beispiele für Farbinterpolation²²

Die Farbe des jeweiligen Pixels wird mit Hilfe von verschiedenen Mittelwerten errechnet. Dieser Algorithmus klappt in der Praxis sehr gut, sodass der Anwender nichts davon mitbekommt und sich keine sichtbaren Nachteile ergeben. Nur bei sehr feinen Strukturen können Störungen auftreten.

Alle aktuell verwendeten Sensortypen nutzen diese Technik. Es gibt zwei Arten von Sensoren: den CCD-Sensor und den CMOS-Sensor. Der überwiegende Teil der DSLR-Kameras benutzen den CMOS-Sensor, weshalb an dieser Stelle nur dieser behandelt wird.

Beim CMOS-Sensor hat jede Fotodiode einen Kondensator, der von ihr aufgeladen wird. Diese Kondensatoren können dann vom sogenannten Ausleseregister ausgelesen werden. Dabei wird die Ladung von einem Transistor in Spannung umgewandelt

²² interpolation.jpg (JPEG-Grafik, 446 × 520 Pixel), o. J., <http://referate.mezdata.de/sj2009/dslr_sinan-saglam/res-vis-doc/interpolation.jpg>, Stand: 03.02.2015.

und dann einem Signalprozessor zur Verfügung gestellt, welcher die Informationen zu einem fertigen Bild zusammenfügt.²³

Eine weitere Rolle in der Beschreibung von Sensoren spielt die Größe des Chips: „Je größer ein Pixel ist, desto mehr Licht kann er auffangen, desto höher ist seine Empfindlichkeit und desto besser ist auch die Abstufung der Helligkeitswerte.“²⁴ Allerdings steigen mit zunehmender Größe auch die Produktionskosten des Sensors. Die andauernde Weiterentwicklung der Technik sorgt außerdem dafür, dass flächenmäßig kleinere Sensoren immer mehr Licht aufnehmen können.

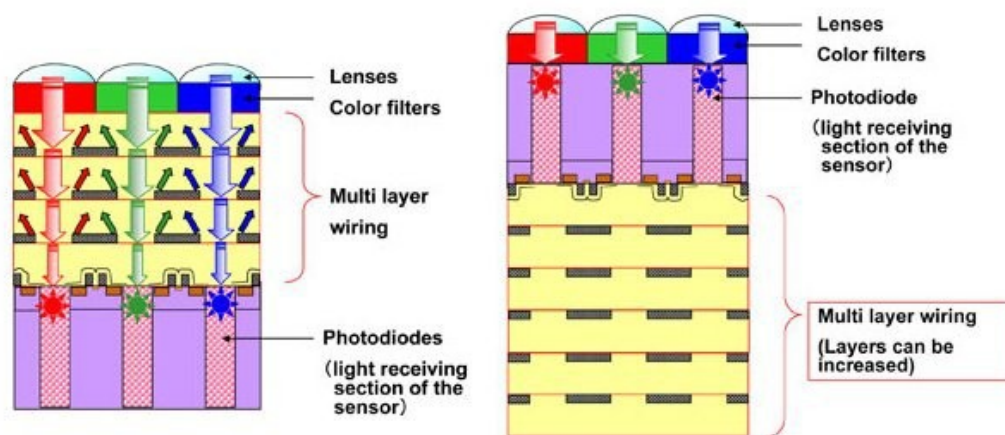


Abbildung 3: Schematischer Aufbau eines CMOS-Sensors²⁵

CMOS-Sensoren wurden in den letzten Jahren vermehrt in der „back-illuminated“ Bauweise gefertigt. Dabei wurden die informationsverarbeitenden Schichten unter die lichtempfindliche Schicht des Sensors gelegt und schatten damit diese nicht mehr ab (siehe Abbildung 3).

²³ vgl. Bildsensoren in Digitalkameras, PC-WELT Online, 12. August 2012, <<http://www.pcwelt.de/ratgeber/CMOS-vs-CCD-Bildsensoren-5794727.html>>, Stand: 03.12.2014.

²⁴ Westphalen, Christian.: Die große Fotoschule, S. 47.

²⁵ 3433326_original.jpg (JPEG-Grafik, 660 × 495 Pixel), o. J., <http://bilder.pcwelt.de/3433326_original.jpg>, Stand: 03.02.2015.

2.1.3 Das Objektiv

Kameraobjektive sind vereinfacht gesehen Sammellinsen. Sie bündeln das einfallende Licht und sorgen dafür, dass es auf den Sensor fällt. In der Praxis ist ein Objektiv ein Gebilde aus mehreren, aufeinander abgestimmten Linsen. Das Linsensystem ist nötig, um verschiedene unerwünschte Lichtbrechungen und -ablenkungen, sogenannte Abbildungsfehler, zu vermeiden.

Eines der wichtigsten Merkmale eines Objektivs ist die Brennweite. Technisch gesehen gibt die Brennweite den Abstand zwischen einer Hauptebene des Linsensystems und dem Brennpunkt an. Die Hauptebenen sind gedachte Hilfskonstruktionen, mit denen alle Brechungen in einem Linsensystem, in eine einzelne Brechung zusammengefasst werden. Ihre Positionen sind je nach Linsensystem unterschiedlich und können sogar außerhalb dieses Systems liegen.²⁶ Es gibt eine gegenstandsseitige und eine bildseitige Hauptebene, je nachdem von welcher Seite das Licht in das System kommt.²⁷ Bei der Ermittlung der Brennweite spielt nur die bildseitige Hauptebene eine Rolle, von ihr aus wird der Abstand zum Brennpunkt gemessen (vgl. Abbildung 4). Der Brennpunkt ist der Punkt, in dem alle eintreffenden Strahlen gebündelt werden. Die Brennweite wird bei Objektiven in Millimeter angegeben.

²⁶ vgl. Was ist eigentlich ein Nodalpunkt? | fotomagazin.de, o. J., <<http://www.fotomagazin.de/technik/was-ist-eigentlich-ein-nodalpunkt>>, Stand: 03.02.2015.

²⁷ vgl. Hauptebenen, o. J., <http://universal_lexikon.deacademic.com/248239/Hauptebenen>, Stand: 26.01.2015.

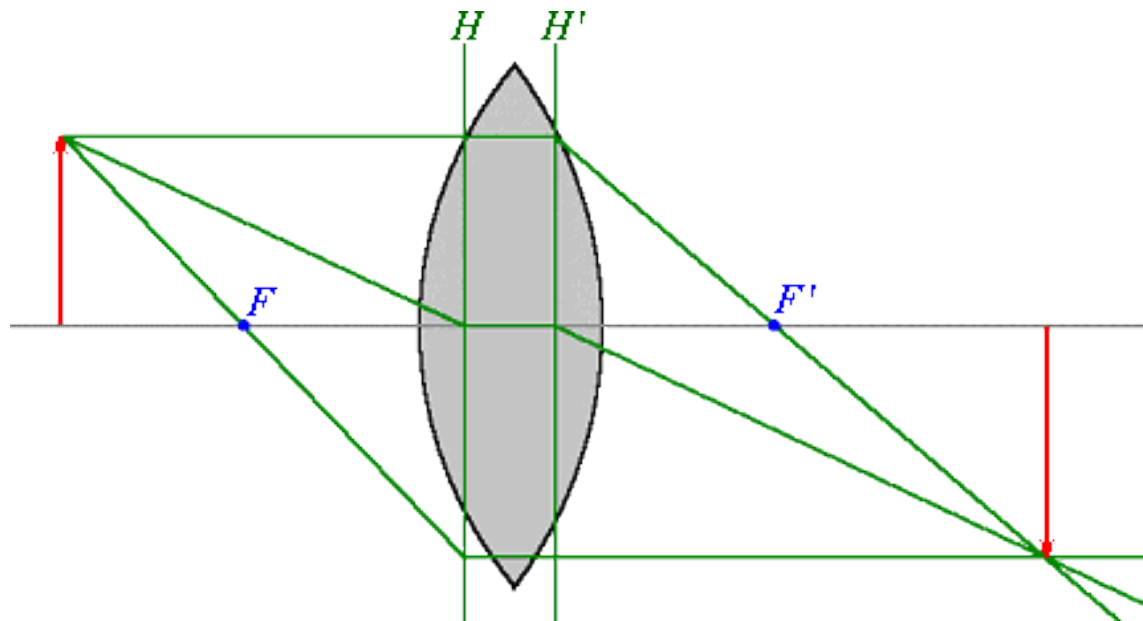


Abbildung 4: F = gegenstandsseitiger Brennpunkt; H = gegenstandsseitige Hauptebene;
 H' = bildseitige Hauptebene; F' = bildseitiger Brennpunkt²⁸

Allgemein werden Objektive in drei Arten unterteilt: Weitwinkelobjektive, Normalobjektive und Teleobjektive. Weitwinkelobjektive haben eine Brennweite von unter 40 mm. Diese Objektive haben den größten Bildwinkel, welcher „beschreibt, welchen Winkel eine Kamera mit einem Objektiv erfassen kann.“²⁹

Wenn man einen sehr großen Ausschnitt eines Motivs auf ein Bild bekommen möchte, nutzt man ein Weitwinkelobjektiv. Bei sehr kleinen Brennweiten treten auf den Bildern jedoch oft Krümmungen eigentlich gerader Linien auf. Das ist der starken Krümmung der Linsen im Objektiv geschuldet. Wie viel von dem Motiv letztendlich zu sehen ist, hängt auch vom Sensor in der Kamera ab. Seine Fläche bestimmt, neben der Brennweite die Größe des Bildwinkels.

„Ein Beispiel aus der Praxis: Sie möchten ein flaches Haus fotografieren, das zehn Meter breit ist, können aber nur fünf Meter weit zurücktreten. Ihr Abstand zum Motiv entspricht also der Hälfte seiner Breite. Wenn die verwendete Brennweite etwas kürzer ist als die Hälfte der Sensorbreite, können Sie das Haus formatfüllend erfassen. Bei einer Sensorbreite von 36 mm [...] sind 18 mm die Hälfte, 17 mm Brennweite müssten also ausreichen, um auch den Rand des Motivs zu erfassen.“³⁰

²⁸ bildkonstruktion_dickelinse.png (PNG-Grafik, 428 × 231 Pixel), o. J., <http://www.chemgapedia.de/vsengine/media/vsc/de/ph/14/ep/einfuehrung/geooptik/bilder/bildkonstruktion_dickelinse.png>, Stand: 03.02.2015.

²⁹ Westphalen, Christian.: Die große Fotoschule, S. 101.

³⁰ Ebd.

Für Aufnahmen wie zum Beispiel für Portraits wird ein Normalobjektiv verwendet. Bei einem Normalobjektiv entspricht die Brennweite etwa der Diagonale des Sensors. Gewöhnlich besitzen Normalobjektive Brennweiten im Bereich von 40 bis 55 mm. Der Bildwinkel bei solchen Objektiven ist dementsprechend kleiner als bei Weitwinkelobjektiven.

Die dritte Art von Objektiven sind Teleobjektive. Sie haben eine Brennweite über 55 mm, einige erreichen Brennweiten von 1.200 mm bis 1.700 mm.³¹ Sie werden vorwiegend verwendet, um weit entfernte Objekte zu fotografieren. Teleobjektive besitzen einen kleinen Bildwinkel.

Ein weiterer wichtiger Bestandteil eines Objektivs ist die Blende. Ihre Aufgabe ist ähnlich wie die der Iris im menschlichen Auge, nämlich die einfallende Lichtmenge im Objektiv zu regulieren.³² Sie besteht aus beweglichen Lamellen, welche sich ineinander verschieben können und eine veränderbare, fast kreisrunde Öffnung bilden. Die Öffnung der Blende wird durch die Blendenzahl bestimmt:

„Halbiert sich der Durchmesser der Blendenöffnung, so verkleinert sich die Fläche der Öffnung um den Faktor 4. Es wird damit nur noch ein Viertel der Lichtmenge durchgelassen, und Sie müssen die Belichtungszeit um den Faktor 4 länger wählen, damit Sie auf Ihrem Bild die gleiche Helligkeit erhalten. Um den Lichteinfall zu halbieren, müssen Sie die Blende also nur um den Faktor $\sqrt{2}$ (circa 1,4) schließen.“³³

Daraus ergeben sich sogenannte Blendenreihen. Diese könnten zum Beispiel so aussehen:

1 • 1,4 • 2 • 2,8 • 4 • 5,6 • 8 • 11 • 16 • 22

Es können je nach Hersteller auch feinere Abstufungen gewählt werden, beispielsweise halbe oder drittel Blendenstufen.

Die Blende hat außerdem große Auswirkungen auf die Schärfe des Bildes. Vereinfacht lässt sich sagen: Je offener die Blende, desto kleiner der Schärfebereich. Soll die Abbildung möglichst in allen Bereichen scharf sein, muss die Blende weiter geschlossen werden. Die Blendenzahl ist außerdem ein Merkmal zur Bestimmung der Qualität eines Objektivs: eine kleine Blendenzahl bedeutet hoher Lichteinfall.

31 vgl. Resenhoeft, Thilo: Privatkunde lässt größte Tele-Optik der Welt bauen, in: Welt Online, 1. Juli 2009, <<http://www.welt.de/wissenschaft/innovationen/article4036719/Privatkunde-laesst-groesste-Tele-Optik-der-Welt-bauen.html>>, Stand: 05.12.2014.

32 vgl. Westphalen, Christian.: Die große Fotoschule, S. 105.

33 Ebd., S. 106.

2.2 Gigapan Epic Pro

Der Gigapan Epic Pro-Panoramakopf (im folgenden nur noch Gigapan) ist ein technisches Hilfsmittel zur Erstellung hochauflösender Panoramen. Schon manuelles Fotografieren einzelner Bilder zum Erstellen eines rechteckigen Panoramas, bringt einige Schwierigkeiten mit sich, zum Beispiel unterschiedliche Überlappung der Bilder oder Unschärfe durch Verwackeln. Der Gigapan ist ein gutes Hilfsmittel, um diese Probleme zu umgehen. Da in diesem Projekt nicht nur rechteckige, sondern 360°-Panoramen erstellt werden sollen, ist er umso hilfreicher.

Panoramafotografien werden verwendet, um große Objekte detailgetreu abzubilden. Sehr oft werden beeindruckende Landschaften auf Panoramen festgehalten, da sie mit einem gewöhnlichen Weitwinkelobjektiv nicht zur Geltung kämen oder gar nicht erst auf das Bild passen würden. Ebenso verhält es sich mit Türmen oder hohen Gebäuden.

Bei der Erstellung von Panoramen sind jedoch einige Besonderheiten zu beachten, die in der gewöhnlichen Fotografie keine Rolle spielen. Um die Bilder zum Beispiel passgenau zusammenfügen zu können, braucht man (sowohl manuell, als auch mit einer Software) Punkte auf den Bildern, die sich überschneiden. In einer Folge von Bildern, die später zu einem Panorama zusammengefügt werden sollen, muss das zweite Foto Bildinhalte vom ersten enthalten, das dritte muss Bildinhalte vom zweiten enthalten und so weiter.

Außerdem muss auf die Drehachse der Kamera auf dem Stativ geachtet werden. Es gibt einen gewissen Punkt, den sogenannten parallaxefreien Punkt, um den die Kamera schwenken muss, damit die Perspektive konstant bleibt. Weitere Ausführungen werden im Abschnitt Exkurs: Parallaxefreier Punkt behandelt.

2.2.1 Aufbau und Funktionsweise

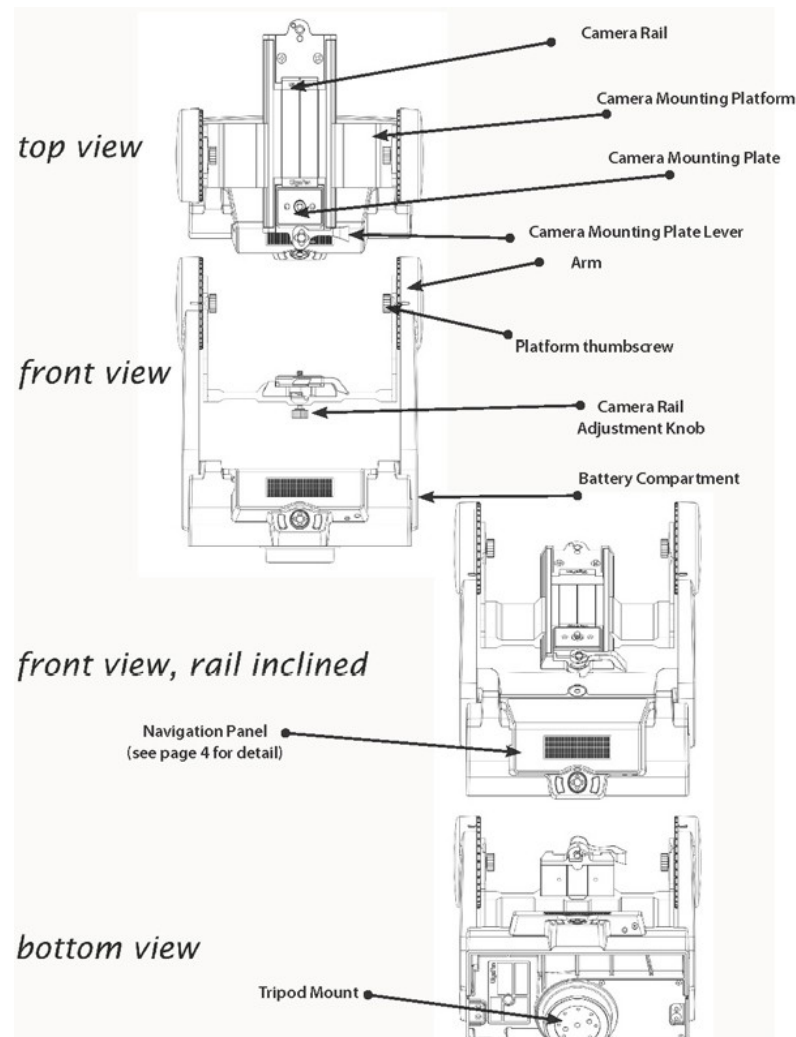


Abbildung 5: Aufbau des Gigapan Epic Pro-Panoramakopf³⁴

Der Gigapan ist, wie auf den Abbildungen zu erkennen ist, ähnlich aufgebaut wie ein Moving Head (frei beweglicher und programmierbarer Scheinwerfer aus der Theater- und Veranstaltungstechnik). Der Hauptunterschied dieser beiden Geräte besteht aber darin, dass der Moving Head Licht aussendet und mit dem Gigapan Licht aufgenommen wird. Dazu wird auf die integrierte Kameraschiene eine Spiegelreflexkamera montiert und mit einem Auslösekabel verbunden. Über dieses Auslösekabel kann der Gigapan die Kamera auslösen und den Autofokus ansteuern.³⁵

³⁴ Pro_Manual_DE.pdf, o. J., S. 3.

³⁵ vgl. Pro_Manual_DE.pdf, o. J., S. 5.

Der Gigapan besitzt zwei drehbare Achsen, mit denen die Kamera in fast jede Richtung geschwenkt werden kann. Dadurch ist es möglich, viele Fotos von einem Motiv zu machen und sie später zu einem großen Panorama zusammenzusetzen.

Durch die beiden seitlichen Arme kann die Kamera nach oben und unten geschwenkt werden und durch die drehbare Achse unter dem Bedienfeld, nach links und rechts. Die Bewegungen des Gigapan übernehmen eingebaute Motoren die über einen Akku mit Strom versorgt werden. Durch eine integrierte Stativaufnahme kann die gesamte Konstruktion auf einem gewöhnlichen Kamerastativ befestigt werden. Die Bewegungen des Gigapan können ausführlich und je nach Situation mit Hilfe des integrierten Bedienfelds eingestellt werden.

2.2.2 Exkurs: Parallaxefreier Punkt

Der parallaxefreie Punkt wird in der Panoramafotografie oft als „Nodalpunkt“ bezeichnet, der aber etwas anderes beschreibt. Der Nodalpunkt bzw. die Nodalpunkte liegen auf der in Kapitel „2.1.3 Das Objektiv“ beschriebenen Hauptebene. Konkret beschreiben die Nodalpunkte die Schnittpunkte der optischen Achse (läuft exakt mittig durch das komplette Linsensystem) mit den beiden Hauptebenen (auch Nodalebene genannt). Von Ihnen wird der Abstand zum Brennpunkt (die Brennweite) und der Abstand zum Motiv (Gegenstandsweite) gemessen.³⁶ Sogar erfahrene Fotografen verwechseln diese beiden Begriffe sehr häufig, so schreibt beispielsweise Christian Westphalen in seinem Werk „Die große Fotoschule: Digitale Fotopraxis“:

*„Wenn sich allerdings wichtige Bildelemente sehr nah an der Kamera befinden, müssen Sie genauer arbeiten. Dann sollten Sie sicher sein, dass Sie die Kamera exakt um den optischen Mittelpunkt (den sogenannten **Nodalpunkt**) des Objektivs drehen, nur so bleibt die Perspektive konstant“³⁷*

Es wird eindeutig und richtig der parallaxefreie Punkt des Objektivs beschrieben, aber die Bezeichnung „Nodalpunkt“ verwendet. Ein möglicher Grund dafür könnte sein, dass sich die Bezeichnung „Nodalpunktadapter“ in der Praxis etabliert hat. Mit diesem lässt sich eine Kamera zwar auch um einen der beiden Nodalpunkte schwenken, aber vorwiegend wird dieser eingesetzt, um die Kamera um den parallaxefreien Punkt zu bewegen. Die Nodalpunkte werden manchmal auch als „Hauptpunkte“ bezeichnet.

Parallaxe ist „die optische Verschiebung von Vorder- zu Hintergrund, wenn sich das optische System bewegt.“³⁸ Bei der Aufnahme von Panoramen muss die Kamera (das optische System) zwangsläufig bewegt werden, und zwar auf einer Drehachse. Die Position des parallaxefreien Punktes ist immer auf Höhe der Blende.³⁹ Wenn der parallaxefreie Punkt nicht genau auf dieser Drehachse liegt, kommt es unter Umständen zu Parallaxefehlern. Bei Landschaftspanoramen spielt die Parallaxe nur eine geringe bis gar keine Rolle, solange sich im Bildvordergrund keine Objekte befinden. Sollte dies aber der Fall sein, wie bei der Erstellung eines Panoramas in Innenräumen, muss man unbedingt auf die korrekte Positionierung der Kamera achten.

³⁶ vgl. Was ist eigentlich ein Nodalpunkt? | fotomagazin.de.

³⁷ Westphalen, Christian.: Die große Fotoschule, S. 483.

³⁸ www.rosalinse.de +++ Fachwissen Panorama 04 Parallaxe +++, o. J., <http://www.rosalinse.de/fw_pan_04.html>, Stand: 19.12.2014.

³⁹ vgl. NN3 Benutzer-handbuch | Ausrichten der Kamera auf die Eintrittspupille des Objektivs, o. J., <<http://www.nodal-ninja.com/nn3-de/ausrichten-der-kamera-auf-die-eintrittspupille-des-objektivs/10/>>, Stand: 21.12.2014.

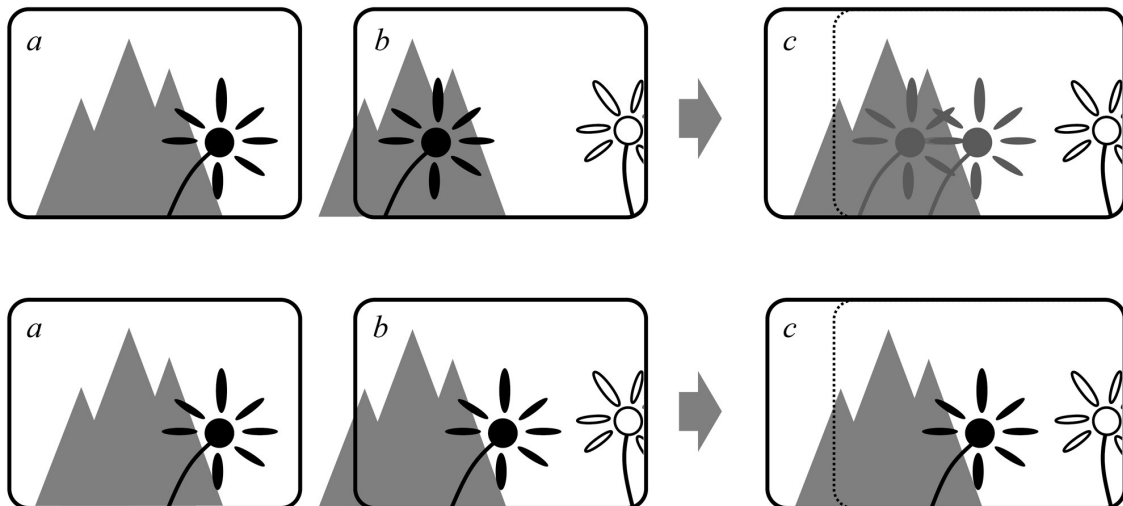


Abbildung 6: Obere Reihe: Es wurde nicht auf die Parallaxe geachtet, weshalb es beim Übereinanderlegen der Bilder zu einem Parallaxefehler (Dopplung der schwarzen Blume im Bildvordergrund) kommt; untere Reihe: Es wurde auf die Parallaxe geachtet, Bild a und Bild b konnten fehlerfrei zusammengefügt werden⁴⁰

Die Drehachse entspricht bei einer auf dem Stativ montierten Kamera der Schwenkachse des Stativs. Diese liegt oft ein paar Zentimeter hinter dem parallaxefreien Punkt. Zum Beheben des Problems gibt es die bereits erwähnten Nodalpunktadapter, die man käuflich erwerben bzw. mit Hilfe zahlreich existierender Anleitungen selbst bauen kann. Beim Gigapan ist kein separater Adapter nötig, da die Einstellungen direkt am Gerät vorgenommen werden können. Für den Neigewinkel kann die gesamte Kameraplattform höhenverstellt werden und für die Einrichtung des Drehpunkts kann die Kamera auf der Kameraschiene verschoben werden. Der parallaxefreie Punkt variiert je nach Objektiv, weshalb beim Wechsel des Objektivs der ganze Aufbau neu eingestellt werden muss.

Für die Ermittlung des parallaxefreien Punktes gibt es verschiedene Vorgehensweisen. Die gängigste ist, zwei dünne Objekte unterschiedlich weit von der Kamera zu positionieren, wobei das nähere das weiter entfernte verdeckt. Wird die Kamera nun geschwenkt und das hintere Objekt erscheint neben dem vorderen, muss nachjustiert werden. Bleibt das hintere beim Schwenken verborgen, ist die Einstellung ideal.

⁴⁰ 02.jpg (JPEG-Grafik, 2000 × 920 Pixel), o. J., <<https://fotopraxis.files.wordpress.com/2013/03/02.jpg>>, Stand: 03.02.2015.

2.3 PTgui

PTgui ist eine Software zum stitchen von Fotos. Das Wort stitchen bezeichnet das zusammensetzen von Einzelbildern zu einem Panorama. Es kommt aus dem Englischen (to stitch = heften, steppen, nähen) und kann sinngemäß mit „zusammennähen“ bzw. „zusammensetzen“ übersetzt werden. Die Software kommt von New House Internet Services BV und ist für Windows und MacOS verfügbar.⁴¹ Die Firma New House Internet Services BV wurde 1996 gegründet und stellte individuelle Softwareentwicklung und Consulting-Leistungen zur Verfügung. Mittlerweile befasst sie sich ausschließlich mit stitching-Software. Der Sitz der Firma befindet sich in Rotterdam (Niederlande).⁴²

Mit PTgui kann der Anwender verschiedene Arten von Panoramen erstellen, z.B. flache Panoramen, zylindrische Panoramen oder sphärische Panoramen. Die Software unterstützt mehrreihige Aufnahmen und erkennt gedrehte oder verschobene Aufnahmen und kann diese interpretieren. Die Algorithmen der Software bieten eine automatische Erkennung der Einzelfotos und verbinden diese zu dem gewünschten Panorama. Trotzdem bietet die Oberfläche dem Nutzer die Möglichkeit, einzelne Bilder oder Bereiche manuell zu bearbeiten oder nachzubessern. Die Software ist in zwei Versionen erhältlich: Die Basisversion unterstützt alle wichtigen Aufgaben der Software und gängige Bilddateiformate wie jpeg, tiff oder psb. Die Pro-Version bietet Zusatzfeatures, wie die Bearbeitung von HDR-Panoramen oder Änderung der Belichtung oder des Weißabgleichs der Bilder.⁴³

41 vgl. Photo stitching software 360 degree Panorama image software - PTGui, o. J., <<http://www.ptgui.com/>>, Stand: 18.01.2015.

42 vgl. About us - PTGui, o. J., <<http://www.ptgui.com/about.html>>, Stand: 18.01.2015.

43 vgl. Features of PTGui and PTGui Pro - PTGui, o. J., <<http://www.ptgui.com/features.html>>, Stand: 18.01.2015.

2.4 Autopano Giga

Autopano Giga ist eine Foto-stitching Software vom Hersteller Kolor. Die Software ist für Windows, Mac OS und Linux verfügbar. Die Firma Kolor entwickelt stitching-Software, Software zur Erstellung virtueller Touren, 360°-Video-Software und Hardware zum Erstellen von Panoramen. Sie wurde 2004 in der Savoie-Region in Frankreich gegründet.⁴⁴

Autopano wird hauptsächlich zum Zusammensetzen vorhandener Einzelbilder zu einem Panorama genutzt. Die Software besitzt Automatismen, bei denen die einzeln importierten Bilder anhand von markanten Punkten analysiert und automatisch zusammengesetzt werden. Dazu werden die Bilder gedreht, verschoben und/oder gestaucht. Danach hat man die Möglichkeit, alle Bilder einzeln nachzujustieren, falls der Automatismus fehlerhaft oder ungenau gearbeitet hat.

Gängige Dateiformate, die mit der Software eingelesen werden können:

JPEG, TIFF, PNG, RAW, DNG, HDR⁴⁵

Dateiformate, in denen fertige Panoramen ausgegeben werden können:

JPG/JPEG, HDR, PNG, PSD/PSB, TIFF, EXR, Kolor Raw⁴⁶

Außerdem können EXIF-Daten von der Software ausgelesen werden. Diese beinhalten verschiedene Angaben der Kamera und des Objektivs zum Zeitpunkt der Aufnahme, zum Beispiel Blende, Belichtungszeit, Brennweite, Weißabgleich u. Ä.⁴⁷

44 vgl. Kolor, the company | Image-stitching and virtual tour solutions | Kolor, o. J., <<http://www.kolor.com/about-kolor-image-stitching-virtual-tours.html>>, Stand: 18.01.2015.

45 vgl. Autopano - Supported file format in input - Autopano, o. J., <http://www.autopano.net/wiki-en/action/view/Autopano_-_Supported_file_format_in_input>, Stand: 23.12.2014.

46 vgl. Autopano - FAQ - Using the software - Autopano, o. J., <http://www.autopano.net/wiki-en/action/view/Autopano_-_FAQ_-_Using_the_software>, Stand: 23.12.2014.

47 vgl. Was sind EXIF-Daten?, o. J., <<http://digicam-experts.de/wissen/2>>, Stand: 23.12.2014.

2.5 Panotour Pro 2

Panotour Pro 2 ist ein Programm für die Weiterverarbeitung von Panoramen. Die Software ist beim Hersteller Kolor und für Windows, Mac OS und Linux erhältlich.

Mit der Software kann man vorhandene Panoramen miteinander in Verbindung setzen und daraus eine Tour erstellen, welche im Internet veröffentlicht werden kann. Dabei ist es möglich, die Touren als HTML5 oder Adobe Flash auszugeben. HTML5 ist die fünfte Fassung der Computersprache HTML und unterstützt, im Gegensatz zu seinem Vorgänger, Multimediaanwendungen sowie Adobe Flash, welches aber gerade von mobilen Geräten teilweise nur unzureichend unterstützt wird. Beide Computersprachen werden hauptsächlich im World Wide Web verwendet. Es ist möglich, mit Panotour Videos, Bilder und andere Effekte in die Tour einzufügen.

Die ausgegebenen Panoramen können folgende Dateiformate haben:

JPG, TIF, PNG, PSD, PSB, KRO⁴⁸

Panoramatouren finden mittlerweile zahlreiche Anwendungen. Die bekannteste Panoramatour ist wahrscheinlich Google Street View. Zum Erstellen der Touren hat der Konzern größtenteils Autos mit aufmontierten Kameras benutzt, die gleich mehrere Bilder in verschiedene Richtungen pro Auslösung machen. Nachdem zuerst nur Bilder in den USA gemacht wurden, weitete Google das Projekt später weltweit aus.⁴⁹ Das Projekt wurde anschließend abseits von befahrbaren Straßen erweitert und beinhaltet mittlerweile Eisenbahnstrecken, Bilder aus der Antarktis⁵⁰ und Innenansichten von Museen.⁵¹

48 vgl. Panotour Pro 2 - Supported input file formats - Autopano, o. J., <http://www.autopano.net/wiki-en/action/view/Panotour_Pro_2_-_Supported_input_file_formats>, Stand: 24.12.2014.

49 vgl. Google Lat Long: More streets in more places, o. J., <<http://google-latlong.blogspot.de/2008/08/more-streets-in-more-places.html>>, Stand: 27.12.2014.

50 Google Street View jetzt auch am Südpol | t3n, o. J., <<http://t3n.de/news/google-street-view-sudpol-402397/>>, Stand: 27.12.2014.

51 National Gallery Of Modern Art (NGMA), New Delhi - Google Cultural Institute, o. J., <<https://www.google.com/culturalinstitute/collection/national-gallery-of-modern-art-ngma-new-delhi?projectId=art-project>>, Stand: 27.12.2014.

Panoramatouren innerhalb von Gebäuden gibt es häufig von Museen, Galerien oder architektonischen Sehenswürdigkeiten. Außerdem gibt es Touren von Nationalparks oder sehenswerten Landschaften, Restaurants, Schlössern, Hotels, Kirchen, Universitäten, Parks und vielem mehr.⁵²

Die wohl spektakulärsten Panoramen, die zwar nicht als Tour verfügbar, aber dennoch erwähnenswert sind, sind die von den Marsrovern „Spirit“ „Opportunity“ und „Curiosity“ geschossenen 360°-Aufnahmen von der Oberfläche des Planeten Mars.⁵³

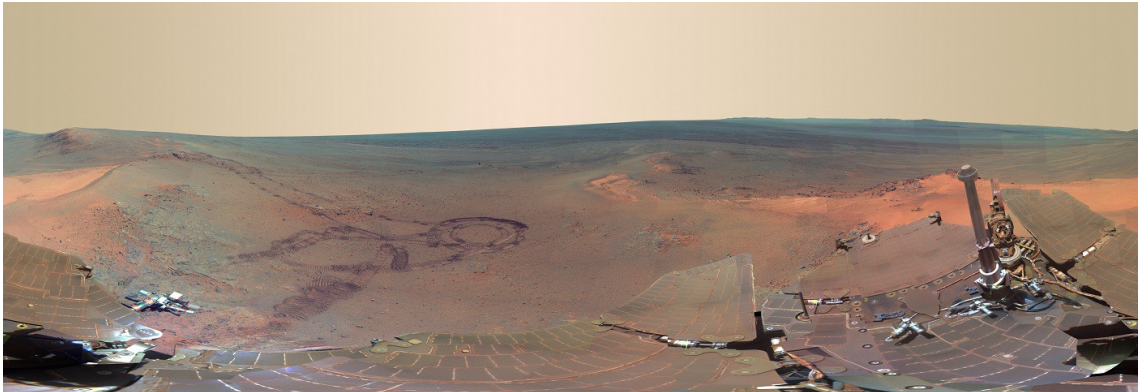


Abbildung 7: Panoramaaufnahme des Marsrovers Opportunity⁵⁴

52 vgl. Panotour Pro 2 - Virtual tour software - Create the virtual tours of next generation | Panotour Pro, o. J.

53 Mars Panorama - Curiosity rover: Martian solar day 2 panorama in Out of this World - 360Cities, o. J., <<http://www.360cities.net/image/curiosity-rover-martian-solar-day-2#147.50,21.20,59.0>>, Stand: 27.12.2014.

54 mars-panorama.jpg (JPEG-Grafik, 1400 × 483 Pixel), o. J., <<http://space-facts.com/wp-content/uploads/mars-panorama.jpg>>, Stand: 27.12.2014.

2.6 Pano2VR Pro

Pano2VR Pro ist eine Software, die zylindrische oder sphärische Panoramen in interaktive 360°-Panoramen umwandelt. Mit der Software lassen sich auch mehrere Panoramen zu einer virtuellen Tour verbinden. Die Software ist von der Firma Garden Gnome Software und für Windows, MacOS und Linux erhältlich. Garden Gnome Software entwickelt Programme zur Erstellung von interaktiven Panoramen und Objekt-Filmen. Der Firmensitz befindet sich in Wien (Österreich).⁵⁵

Pano2VR Pro bietet die Möglichkeit, Panoramen in verschiedenen Dateiformaten zu importieren. Diese Panoramen werden in eine interaktive 360°-Ansicht umgewandelt und können dann um verschiedene Funktionen erweitert werden. Dazu können sogenannte Hotspots festgelegt werden. Diese können sowohl als Punkt, als auch als Fläche erstellt und mit verschiedenen Medien verknüpft werden. Unter anderem lassen sich Videos, Bilder, Websites oder Audiodateien einbinden. Andere Panoramen können ebenfalls per Hotspot verbunden werden, was die Erstellung einer virtuellen Tour ermöglicht. Die Ausgabe kann in HTML5, Flash oder QuicktimeVR erfolgen und somit für verschiedene Zwecke verwendet werden.⁵⁶

⁵⁵ vgl. Contact/Impressum | Garden Gnome Software, o. J., <<http://ggnome.com/contact>>, Stand: 18.01.2015.

⁵⁶ vgl. Pano2VR | Garden Gnome Software, o. J., <<http://ggnome.com/pano2vr>>, Stand: 18.01.2015.

3 Analyse bestehender Workflows

Um die einzelnen Workflows zu analysieren, wird für diese Arbeit ein Instrument aus der Unternehmensabbildung angewendet. Sogenannte EPK-Diagramme (EPK = Ereignisgesteuerte Prozesskette) werden dazu genutzt, Arbeitsabläufe in Unternehmen grafisch abzubilden, zu analysieren und zu optimieren.⁵⁷ Der Autor wird diese Diagramme benutzen, um die verschiedenen vorliegenden Beispielworkflows in ein einheitliches Format zu bringen. Dies ermöglicht die Analyse einzelner Teilschritte und die Untersuchung ausgewählter Gesichtspunkte. Aus diesen Untersuchungen kann wiederum im letzten Abschnitt der Arbeit ein optimierter, auf das Medienzentrum angepasster Workflow entwickelt werden.

„Die Ereignisgesteuerte Prozesskette (EPK) wurde zur Dokumentation von Geschäftsprozessen entwickelt und hat in der Praxis eine weite Verbreitung gefunden.“⁵⁸

Das Erstellen eines EPK-Diagramms unterliegt einigen festen Regeln. Das betrifft vor allem die Symbolik, ihre Beschriftung und deren Verknüpfung. Im Folgenden werden die für diese Arbeit nötigen Grundlagen geklärt:

Event/Ereignis:



Beschreibt einen Zustand, der ein Auslöser oder das Ergebnis einer Funktion sein kann. Dieses Symbol wird immer in der Reihenfolge >Objekt-Verb< beschriftet.

Funktion/Prozess:



Beschreibt einen Ablauf oder Auftrag, der nach einem Event erledigt werden muss. Funktionen verbrauchen Ressourcen und Zeit. Es wird immer in der Reihenfolge >Verb-Objekt< beschriftet.

Informationseinheit:



Steht für die Informationen, die für die Ausführung einer Funktion benötigt werden. Kann nur mit einer Funktion verbunden werden.

⁵⁷ vgl. heft133.pdf, o. J., <<http://web.archive.org/web/20090206091538/http://iwi.uni-sb.de/Download/iwihefte/heft133.pdf>>, Stand: 06.01.2015, S. 3 f.

⁵⁸ EPK - Promise2002_Nuettgens_Rump.pdf, o. J., <http://www.wiso.uni-hamburg.de/fileadmin/wiso_fs_wi/EPK-Community/Promise2002_Nuettgens_Rump.pdf>, Stand: 06.01.2015, S. 1.

Operatoren:

v.l.n.r.: *exklusives oder, oder,
und*

Werden benutzt, um Elemente logisch zu verbinden. Verzweigungen im Diagramm ohne Operatoren darzustellen, ist nicht gestattet.

Organisationseinheit:

Steht für Rollen oder Personen, die für eine Funktion verantwortlich sind.

Wie bei den Operatoren beschrieben, können Abzweigungen nicht ohne eben jene beschrieben werden. Alle Verbindungen werden mit Pfeilen dargestellt. Jedes Diagramm beginnt mit einem Ereignis, welches den Auslöser für den nachfolgenden Ablauf darstellt. Auf ein Ereignis folgt nie ein weiteres Ereignis, sondern immer ein Event, es sei denn das Ereignis beendet die Prozesskette. Informationseinheiten und Organisationseinheiten werden immer nur mit Funktionen verbunden und beschreiben zum Beispiel eine Person oder eine Maschine (Organisationseinheit) oder ein Hilfsmittel oder Werkzeug, welches zum Erledigen dieses Prozesses benötigt wird.⁵⁹

EPK-Diagramme können unterschiedlich fein gegliedert sein. Sie können sehr allgemein gehalten werden („gehe von A nach B“) oder sehr detailliert sein („setze einen Fuß vor den anderen“). Wie genau der Workflow beschrieben wird, liegt in der Hand des Erstellers. Prinzipiell ist es sinnvoll, einen angemessenen Umfang zu wählen, der die relevanten Schritte beinhaltet und unwichtige Details vernachlässigt.

Für die folgende Analyse werden sechs Artikel von Weblogs und Websites in EPK-Diagramme umgearbeitet, was vor allem zwei Vorteile bietet: Die Artikel können auf die wichtigen Fakten reduziert werden und die sehr unterschiedlichen Artikel erhalten eine einheitliche Form. Zu jeder der drei Zwischenüberschriften in Kapitel 3 werden zwei Workflows analysiert und miteinander verglichen. Die Analyse beruht auf den erstellten Diagrammen, welche sich im Anhang befinden.

⁵⁹ vgl. EPK-Modellierung, o. J., <<http://www.re-wissen.de/opencms/Wissen/Techniken/EPK-Modellierung.html>>, Stand: 08.01.2015.

3.1 Erstellung von Einzelfotos

Für diesen Abschnitt werden die ersten beiden Beispielworkflows für die Erstellung von Einzelfotos für Panoramen analysiert (Anlage 1 und Anlage 2). Der erste stammt von Thomas Kraetschmer, einem „*Media Designer und Trainer für Software von Apple und Adobe*“⁶⁰ der einen Gastartikel auf dem Weblog www.kwerfeldein.de veröffentlicht hat. Er beschreibt darin die Erstellung von sphärischen Panoramen für einen virtuellen Rundgang durch eine Ausstellung im österreichischen Pavillon in Venedig, welche im Rahmen der Biennale 2008 stattfand. Der zweite Workflow stammt von der Website www.digital-photography-school.com und wurde von Peter West Carey verfasst. Sein Motiv ist eine Landschaftsaufnahme einer Lavendelfarm auf der Insel Maui (Hawaii). Carey ist Fotograf⁶¹ und beschreibt in seinem Artikel seine ersten Erfahrungen mit dem Gigapan Epic Pro, wohingegen Kraetschmer seine Aufnahmen mit einem manuellen Panoramakopf anfertigt.

Kraetschmer erklärt in seinem Artikel zuerst ausführlich seine Vorbereitungen. Dazu beschreibt er kurz das Motiv und welche Bedingungen er sich für die Aufnahmen ausgesucht hat. Dazu gehören zum einen die Wetterverhältnisse, denn die Aufnahmen sollten „*zu einer tendenziell wettergünstigen Jahreszeit stattfinden*“⁶². Dazu gehört auch, einen windstillen Tag auszuwählen, um Bewegungen in Bäumen und Wolken zu vermeiden. Außerdem sollten die Aufnahmen außerhalb der Öffnungszeiten stattfinden, um keine Besucher der Ausstellung im Bild zu haben. Nachdem diese Vorkehrungen getroffen sind, widmet sich Kraetschmer dem Equipment.

*„Meiner Ansicht nach ist einer der Vorteile in der Panoramafotografie, dass man auch mit sehr einfachem DSLR-Equipment auskommt.“*⁶³

Für die Aufnahmen benutzt er eine Nikon D70 mit einem Tamron AF 19-35 f/3.5-4.5 Objektiv. Außerdem benutzt er ein Dreibeinstativ von Manfrotto und einen Panoramakopf von Nodalninja. Nachdem eine passende Brennweite für die Aufnahmen ausgewählt wurde, müssen noch die Bildanzahl und der Bildwinkel berechnet werden. Die Bilder werden im Hochformat aufgenommen und die Überlappung beträgt etwa ein

60 Sphärische Panoramen einer Architektur erstellen (Teil 1) › kwerfeldein - Fotografie Magazin | Fotocommunity, o. J., <<http://kwerfeldein.de/2009/10/06/sphaerische-panoramen-einer-architektur-erstellen-teil-1/>>, Stand: 28.12.2014.

61 vgl. Gigapan EPIC PRO Panoramic Robot [Review] - Digital Photography School, o. J., <http://digital-photography-school.com/gigapan-epic-pro-panoramic-robot-review/#disqus_thread>, Stand: 09.01.2015.

62 Sphärische Panoramen einer Architektur erstellen (Teil 1) › kwerfeldein - Fotografie Magazin | Fotocommunity.

63 Ebd.

Drittel des Bildes. Aus diesen Daten berechnet Kraetschmer dann die erforderlichen Werte. Damit sind die Vorbereitungen abgeschlossen.

Am Motiv werden dann die Einstellungen an der Kamera vorgenommen. Für die gesamte Aufnahme an einem Punkt wird ein fester Weißabgleich eingestellt. Außerdem werden die Belichtungszeit, Blende und ISO fest eingestellt, damit zwischen den Bildern keine Unterschiede auftreten. Danach wird alles final eingerichtet und die Aufnahmen werden erstellt. Dazu muss der vorher ausgerechnete Schwenkwinkel beachtet werden.

Bei Carey fallen die Vorbereitungen nicht ganz so umfangreich aus. Nachdem er kurz das Motiv beschreibt, konzentriert er sich auf das Equipment. Er benutzt eine Canon 7D mit einem Canon L 28-300mm Objektiv. Das Objektiv ist auf 135mm eingestellt, die ISO auf 100 und die Blende auf f/9 festgelegt.⁶⁴ Die Belichtungszeit beträgt 1/400s, außerdem kommen ein Dreibeinstativ und der Gigapan Epic Pro Panoramakopf zum Einsatz. An diesem werden in der Vorbereitung einige Einstellungen gemacht, zum Beispiel muss die Brennweite des Objektivs sowie der Bereich des Panoramas eingestellt werden.

Auch bei Carey wird der Weißabgleich, die Belichtungszeit, ISO und Blende fest eingestellt. Danach wird das Equipment eingerichtet und der Gigapan gestartet. Die Einzelfotos werden dann komplett automatisch vom Gigapan aufgenommen. Das Berechnen von Bildanzahl und Winkel wird ebenfalls vom Gigapan übernommen, dafür muss dieser allerdings vorher programmiert werden.

Careys Bilder sind deutlich hochauflösender, was daran liegt, dass er offensichtlich ein Objektiv mit einer größeren Brennweite benutzt als Kraetschmer. Durch den automatischen Gigapan Epic Pro Panoramakopf bedeuten größere Aufnahmen mit mehr Einzelbildern kaum einen Mehraufwand, da die Schritte zur Vorbereitung die gleichen bleiben. Manuell wären solche großen Panoramen mit einer hohen Brennweite allerdings schwerer zu erstellen, da sich mehr Fehler einschleichen könnten und das Einrichten eines neuen Bildes auch länger dauerte. Das wiederum bedeutete, dass die Wahrscheinlichkeit für wechselnde Wetter- oder Lichtbedingungen höher wäre.

Im Gegensatz dazu ist beim Umgang mit dem Gigapan Epic Pro die Gefahr größer, dass sich der Bediener zu sehr auf das Gerät verlässt. Das ist zum Beispiel aus dem

64 vgl. Using AutoPano Giga To Create Panoramas With Gigapan Heads Or Freehand Shooting Grids - Digital Photography School, o. J., <<http://digital-photography-school.com/using-autopano-giga-to-create-panoramas-with-gigapan-heads-or-freehand-shooting-grids/>>, Stand: 27.12.2014.

Artikel von Carey ersichtlich, als er beschreibt, wie er ohne großes Überlegen alles zusammenbaut und einschaltet und sich daraufhin der Aufbau „selbstständig macht“:

„With the camera mounted I hooked up the control cable [...] and instantly my Canon 7D started shooting at its highest frame rate. Mistake number one. If the unit is off, it may trigger your camera when the control cable is first installed.“

Ein weiteres Beispiel ist die ungenügende Vorbereitung von Carey. Im Gegensatz zu Kraetschmer beschreibt er kaum Gedanken zu Wetterbedingungen, Wind- oder Lichtverhältnissen. Außerdem wird nicht auf Menschen oder andere Störfaktoren im Bild eingegangen. Das wirkt sich auch direkt auf die Ergebnisse aus, wie man sehr gut in Abbildung 8 erkennen kann.



Abbildung 8: Panorama mit Fehlerhaften Sektionen (von Peter West Carey)⁶⁵

Auf der Abbildung sind, gerade im Bereich der Brandung, deutlich die Einzelfotos zu erkennen, was auf die ständige Bewegung des Meeres und der Wellen zurückzuführen ist. Außerdem sind scheinbar in der Mitte geteilte Personen auf dem Bild zu erkennen, weil sie sich während der Aufnahme am Strand bewegt haben. Eine belebte Strandszene ist also offenbar nicht das beste Motiv für ein Panorama.

⁶⁵ Napili Kai Beach Resort, o. J., <<http://www.gigapan.com/gigapans/62185/>>, Stand: 03.02.2015.

3.2 Zusammensetzen der Einzelbilder

Die beiden Autoren aus dem vorherigen Abschnitt beschäftigten sich neben der Erstellung von Einzelfotos auch mit der Weiterverarbeitung dieser. Sie verwendeten dafür unterschiedliche Programme, sodass die beiden Workflows zum stitchen der Aufnahmen hier miteinander verglichen werden können (Anlage 3 und Anlage 4).

Thomas Kraetschmer benutzt für die Erstellung der Panoramen die Software PTgui.

„Die Software basiert, wie der Name schon sagt auf den “Pano Tools” (PT) und bietet dafür ein “gui” (graphical user interface), also eine Benutzeroberfläche zur Ansteuerung verschiedener Funktionen.“⁶⁶

Die Pano Tools sind eine frei erhältliche Sammlung von Programmen und Programmibliotheken zum Erstellen von Panoramen. Sie wurden ursprünglich 1998 vom Physik- und Mathematikprofessor Helmut Dersch geschrieben.⁶⁷

Kraetschmer beschreibt zunächst die Bedeutung des geordneten Übertragens der Dateien auf einen PC. Dazu gehört es, die Fotos dem Standort zugeordnet und gesammelt in Ordner zu sortieren sowie die Qualität der Fotos zu überprüfen, um eventuelle Fehler auszuschließen. Wenn die Fotos dann auf dem Computer sind, werden sie in die Software importiert. Danach müssen Informationen über das verwendete Objektiv bzw. die Brennweite in die Software eingespeist werden, da es je nach Brennweite zu Verzerrungen der Bilder kommt, die durch die Software ausgeglichen werden muss. Das kann auf zwei verschiedene Weisen geschehen: Entweder kann der Benutzer die Daten manuell in die vorgegebenen Zeilen einfügen oder die Software liest (sofern vorhanden) die Metadaten der Fotos aus, in denen die Kamera für gewöhnlich die benötigten Informationen speichert.

Sind diese Informationen eingegeben, muss sich der Benutzer entscheiden, welche Art von Panorama er erstellen will. Die Software bietet hier die Möglichkeit, *„flache, zylindrische, sphärische und viele mehr“⁶⁸* auszuwählen. Anschließend kann der Benutzer die einzelnen Fotos bearbeiten, sollte er zum Beispiel feststellen, dass ein Bild schief ist oder auch die Ränder der Bilder beschneiden. Nachdem die Bearbeitung abge-

66 Sphärische Panoramen einer Architektur erstellen (Teil 3) › kwerfeldein - Fotografie Magazin | Fotocommunity, o. J., <<http://kwerfeldein.de/2009/10/10/sphaerische-panoramen-einer-architektur-erstellen-teil-3-organisation-software/>>, Stand: 28.12.2014.

67 vgl. Panorama Tools, o. J.

68 Sphärische Panoramen einer Architektur erstellen (Teil 3) › kwerfeldein - Fotografie Magazin | Fotocommunity.

geschlossen ist, werden die Fotos automatisch von PTgui zusammengefügt. Da die Automation nicht immer perfekt arbeitet, können nach dem automatischen Stitchen einzelne Kontrollpunkte erstellt bzw. bearbeitet werden. Dazu kann der Anwender sich benachbarte Bilder anzeigen lassen und Übereinstimmungen der Bilder markieren, welche dann von dem Programm mit eingerechnet werden. Außerdem gibt es noch eine automatische Optimierung (Optimizer), welche die Kontrollpunkte noch näher zusammenbringt, um eine noch genauere Überlappung der Bilder zu erreichen.⁶⁹ Zuletzt kann das fertige Panorama entweder in einzelnen Ebenen zur Nachbearbeitung in einem anderen Programm oder als fertiges Bild exportiert werden.

Peter West Carey arbeitet für das Zusammensetzen der Bilder mit Autopano. Logischerweise beginnt auch er mit dem Einlesen der Fotos von der Kamera auf den PC. Für die Organisation der Bilder benutzt er gesonderte Speicherkarten, welche er nur für Panoramaaufnahmen verwendet. Sind die Fotos auf den Computer übertragen, kommt ein automatisches Tool zum Importieren von Fotos zum Einsatz, welches in Autopano integriert ist. In dem sogenannten Import Wizard können verschiedene Quellen ausgewählt werden (Panotools, VRDrive2, Gigapan etc.), damit die Bilder mit verschiedenen Voreinstellungen geladen werden können. Die Einstellung „Panotools“ erlaubt es beispielsweise, Projekte aus Softwares zu importieren, welche auf den Panotools basieren⁷⁰ (z.B. PTgui). „VRDrive2“ ermöglicht den Import von Bildern von einem Seitz Roundshot VRDrive 2 Panoramakopf.⁷¹ Die Einstellung „Gigapan“ sollte gewählt werden, wenn Aufnahmen mit dem Gigapan Epic Pro erstellt werden, wie bei Carey. Autopano kann so die Daten, die der Gigapan den Fotos beifügt, auswerten und die Software erhält zum Beispiel Aufschluss über Reihenfolge der Bilder und Brennweite.

Der Import Wizard führt den Benutzer dann durch verschiedene Menüpunkte, um weitere Voreinstellungen zu ergänzen oder abzuändern. Man kann die Aufnahmereihenfolge der Bilder korrigieren, die Überlappung verändern oder die Kontrollpunkte bearbeiten. Wenn alles abgeschlossen ist, bestätigt man und Autopano beginnt damit, die Einzelphotos zu einem Panorama zusammenzufügen. Anders als bei PTgui wird erst nach dem Stitchen festgelegt, welche Art von Panorama erzeugt werden soll. Auch die Bearbeitung der Fotos findet erst danach statt. Dazu öffnet man einen separaten Editor in Autopano, in dem sowohl die Einzelbilder bearbeitet als auch die Kontrollpunkte ver-

69 vgl. Main Window: Optimizer tab, o. J., <http://www.ptgui.com/ptguihelp/main_optimizer.htm>, Stand: 12.01.2015.

70 vgl. Autopano - Import... - Panotools - Autopano, o. J., <http://www.autopano.net/wiki-en/action/view/Autopano_-_Import..._-_Panotools>, Stand: 13.01.2015.

71 vgl. Autopano - Import... - VR Drive 2 - Autopano, o. J., <http://www.autopano.net/wiki-en/action/view/Autopano_-_Import..._-_VR_Drive_2>, Stand: 13.01.2015.

bessert oder ergänzt werden. Es ist möglich, Verzerrungen des Objektivs auszugleichen, Bilder zu drehen bzw. zu kippen und die Bildränder zu beschneiden. Außerdem können Farbkorrekturen gemacht werden. Wenn die Fotos fertig bearbeitet sind, können sie gerendert und exportiert werden.

3.3 Erstellen einer Panoramatur

Für die Analyse von Softwares zur Erstellung von Panoramaturen werden die Programme Panotour Pro (www.kolor.com) und Pano2VR Pro (www.ggname.com) verglichen (Anlage 5 und Anlage 6). Beide Programme bieten die Möglichkeit, Panoramen weiterzuverarbeiten und ihnen Medien (z.B. Videos, Websites, Audio) hinzuzufügen oder sie untereinander zu verknüpfen. Der Autor dieser Arbeit konnte im Gegensatz zu den vorherigen Kapiteln zur Erstellung und Zusammensetzung der Einzelfotos leider keine unabhängigen Workflows finden, weshalb die im Folgenden analysierten Workflows vom jeweiligen Software-Hersteller stammen.

In Panotour Pro müssen zunächst vorhandene Panoramen importiert werden. Sind die Bilder ins Programm geladen, sollte die Oberfläche vorbereitet werden. Die Oberfläche beschreibt das Aussehen der späteren Tour, also wie zum Beispiel Ladebalken und Navigationsobjekte oder die Schrift aussehen soll.⁷² Dazu werden vom Hersteller einige Presets (also Voreinstellungen) bereitgestellt. Diese kann man in das Programm laden und danach verändern und anpassen. Danach kann man sich den Hotspots widmen. Hotspots sind Punkte, die sich in den Panoramen positionieren lassen und die eine bestimmte Funktion übernehmen. Über sie werden beispielsweise die Panoramen miteinander verbunden oder mit Fotos oder Videos versehen. Ist die Bearbeitung der Panoramen abgeschlossen und die Tour erstellt, kann diese exportiert und z.B. im Web veröffentlicht werden. Bei den Standardeinstellungen wird eine Datei generiert, welche sowohl im Flash- als auch im HTML5-Format angezeigt werden kann.⁷³

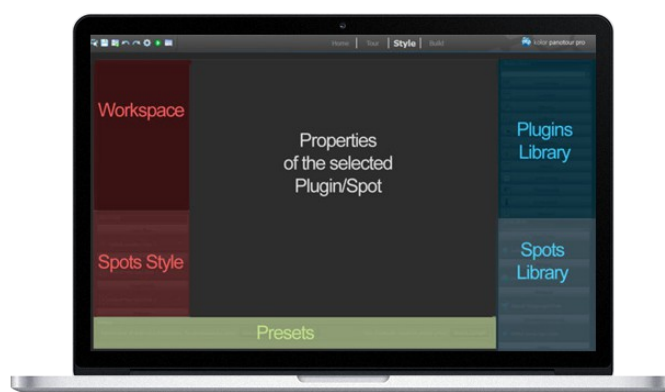


Abbildung 9: Programmoberfläche im "Style"-Abschnitt (Panotour Pro 2)⁷⁴

⁷² vgl. Panotour Pro 2 - Style tab - Autopano, o. J., <http://www.kolor.com/wiki-en/action/view/Panotour_Pro_2_-_Style_tab>, Stand: 15.01.2015.

⁷³ vgl. Panotour Tutorials - Create a simple virtual tour and upload it on Google Drive - Autopano, o. J., <http://www.kolor.com/wiki-en/action/view/Panotour_Tutorials_-_Create_a_simple_virtual_tour_and_upload_it_on_Google_Drive>, Stand: 15.01.2015.

In Pano2VR Pro werden ebenfalls zuerst die Panoramen importiert. Die einzelnen Panoramen können dann bearbeitet werden. Es können beispielsweise das Startpanorama und die Startansicht jedes Panoramas verändert werden. Außerdem können Schlagwörter (Tags) hinzugefügt und GPS-Daten verknüpft werden. Danach werden die Hotspots gesetzt, mit denen die Panoramen verknüpft werden. Dazu kann man die eventuell vorhandenen GPS-Punkte benutzen, welche das Programm automatisch in Hotspots umwandelt, oder man fügt die Hotspots manuell ein. Über die Hotspots können, wie bei Panotour Pro, auch andere Medien (Videos, Fotos etc.) eingebunden werden. Hat man alle Hotspots gesetzt, fügt man die Oberfläche hinzu, die das Aussehen der Tour bestimmt. Danach kann man die Tour exportieren, wobei man sich entweder für Flash oder für HTML5 entscheiden muss.⁷⁵

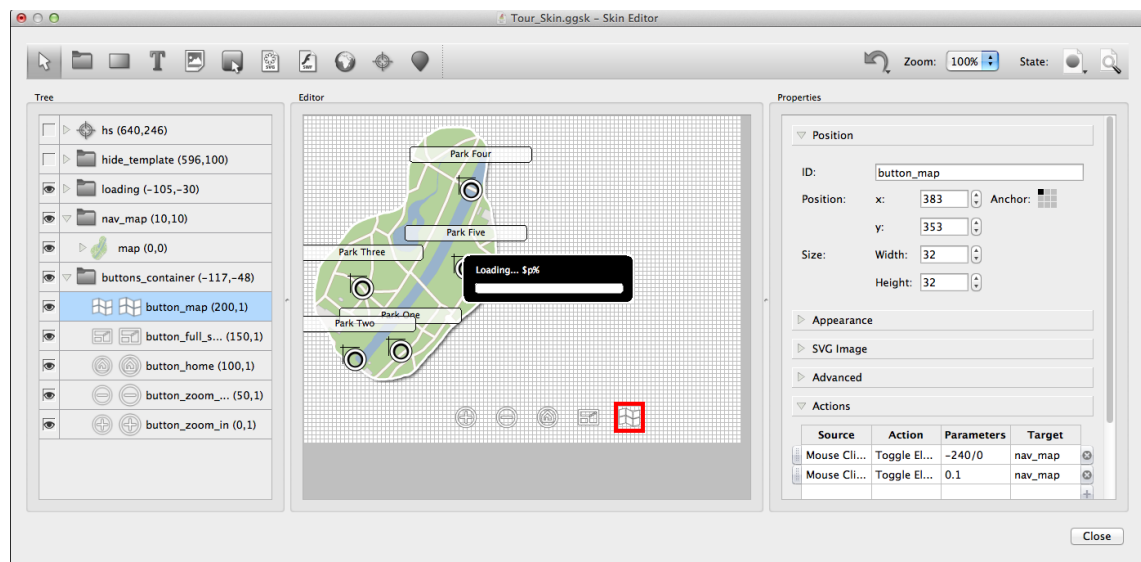


Abbildung 10: Programmoberfläche im "Skin Editor" (Pano2VR Pro)⁷⁶

74 Ptp2_Style_Main.png (PNG-Grafik, 634 × 375 Pixel), o. J., <http://www.kolor.com/wiki-en/images-en/8/8d/Ptp2_Style_Main.png>, Stand: 03.02.2015.

75 vgl. Building a Tour (Pano2VR) | Garden Gnome Software, o. J., <[http://ggnome.com/wiki/Building_a_Tour_\(Pano2VR\)](http://ggnome.com/wiki/Building_a_Tour_(Pano2VR))>, Stand: 15.01.2015.

76 skineditor-2.png (PNG-Grafik, 1389 × 682 Pixel), o. J., <<http://ggnome.com/sites/default/files/skineditor-2.png>>, Stand: 03.02.2015.

4 Entwicklung eines Workflows

In diesem letzten Abschnitt sollen alle bisherigen Erkenntnisse genutzt werden, um eine auf das Medienzentrum angepasste Tour zu erstellen. Aus Zeitgründen konnte der Autor im Rahmen dieser Arbeit leider keine komplette Tour anfertigen, es wurden aber Probeaufnahmen erstellt, an denen beispielhaft alle nötigen Schritte präzise abgehandelt werden. Für die Erstellung der Tour stehen in der Hochschule eine Vielzahl von digitalen Spiegelreflexkameras mit passenden Objektiven und Zubehör, ein Gigapan Epic mit Zubehör und die Programme Autopano Giga und Panotour Pro 2 zur Verfügung, welche in dieser Arbeit als Hilfsmittel herangezogen werden. Für die Probeaufnahmen wurde dem Autor von der Hochschule eine Canon 5D Mk-II mit Objektiven und der Gigapan mit Stativ zur Verfügung gestellt. Für das Zusammensetzen der Bilder und die Erstellung der Tour wurden die Testversionen der oben genannten Programme verwendet, welche die gleichen Funktionen besitzen wie die Vollversionen. Ergebnisse können jedoch nur mit deutlich sichtbaren Wasserzeichen ausgegeben werden, was für die Ausarbeitung des Workflows aber keinerlei Nachteile mit sich bringt.

Der komplette Workflow besteht aus vier Teilbereichen: die Vorüberlegungen bzw. Vorbereitung, die Aufnahme der Einzelbilder, das Zusammensetzen der Panoramen und die Erstellung der Tour. In den Vorüberlegungen werden die Rahmenbedingungen der Tour festgelegt, also der Umfang der Tour, eine zeitliche Planung und die technische Vorbereitung. Bei der Aufnahme der Bilder geht es vor allem um die Beobachtung des Aufnahmeprozesses und die Beurteilung der Fotos. Hier können früh Fehler erkannt und behoben werden, welche sonst das Endergebnis beeinträchtigen könnten. Beim Zusammensetzen der Panoramen wird ein großer Teil der Arbeit von der Software übernommen. Bei den Probeaufnahmen stellte der Autor jedoch fest, dass auch diese nicht zu einhundert Prozent korrekt arbeitet, sodass auch hier eine Qualitätskontrolle und manuelle Korrekturen nötig sind. Die Erstellung der Tour stellt den Abschluss des Workflows dar, bei dem das Endergebnis erstellt wird, so wie es später nach präsentiert werden soll. Die Software bietet zahlreiche Möglichkeiten, die Tour zu verfeinern und zu individualisieren, welche in diesem Abschnitt erläutert werden.

4.1 Vorüberlegungen

Zuerst sollten die äußeren Bedingungen für die Aufnahmen festgelegt werden. Dabei spielt das Wetter eine ganz entscheidende Rolle, da es wechselnde Lichtbedingungen durch Sonnenschein bzw. Wolken mit sich bringt. Außerdem könnte die Wolkenbewegung selbst störend für die Aufnahmen sein, wenn bei einer Aufnahme aus einem Fenster fotografiert wird. Genauso verhält es sich mit Bäumen, die vom Wind bewegt werden (z.B. im Hof des Medienzentrums). Des Weiteren sollten auf den Aufnahmen sich im Gebäude bewegende Personen vermieden werden. Das hat vor allem zwei Gründe: Die fotografierten Personen könnten im Panorama nur teilweise abgebildet sein (vgl. Abbildung 8) und es könnte rechtliche Probleme oder Einschränkungen geben, welche so vermieden werden können. Einzelne Räume kann man sicher ohne großen Aufwand leer halten, allerdings ist das bei Gängen und Treppen eher schwierig. Die Aufnahmen sollten also zu einem Zeitpunkt erstellt werden, zu dem sich möglichst wenige Menschen im Gebäude befinden.

Gute Gelegenheiten dafür wären die vorlesungsfreie Zeit und/oder nachts, weil sich zu diesen Zeiten am wenigstens Menschen im Gebäude befinden. Außerdem bieten Nachtaufnahmen andere interessante Vorteile: Bei Nachtaufnahmen spielt das Wetter kaum eine Rolle, es gibt keine wechselnden Lichtverhältnisse und Wolken sind ohnehin nicht zu sehen. Windbewegungen in Bäumen spielen keine Rolle und man kann das oft zu beobachtende Phänomen von überbelichteten Fenstern komplett vermeiden. Außerdem kommt es nicht zu einer unerwünschten Vermischung von Kunst- und Tageslicht. Man könnte das Licht sogar als Gestaltungsmittel benutzen um z.B. besonders wichtige oder interessante Objekte auf den Panoramen durch bewusste Lichtsetzung hervorzuheben.

Der einzige Nachteil an Nachtaufnahmen ist die Problematik einer Erweiterung der Tour um Außenaufnahmen. Eine Erweiterung durch Tagaufnahmen wäre zwar denkbar, aber einerseits mit zusätzlicher Arbeit verbunden, da man eventuell schlecht ausgeleuchtete Bereiche künstlich aufhellen müsste und andererseits für den Betrachter sicher eher verwirrend, wenn sich beim Wechsel in ein anderes Panorama plötzlich die Lichtverhältnisse stark verändern.

4.1.1 Planung der Tour

Für die folgenden Abschnitte müssen zunächst zwei Begriffe voneinander unterschieden werden, die ansonsten zu Verwirrung führen könnten: Der Autor wird örtliche Angaben in „Locations“ und „Standorte“ trennen. Locations sind dabei Räume oder Gebäudeabschnitte, von denen Aufnahmen gemacht werden sollen. Standorte beschreiben den Ort *in* der Location, von dem aus die Fotos gemacht werden, also den Standort der Kamera.

Für die Tour sollte ein sinnvolles Maß festgelegt werden, damit der Betrachter später nicht überfordert wird. Ziel ist es, so viele räumliche Informationen wie möglich mit so wenig Panoramen wie nötig zur Verfügung zu stellen. Vorlesungssäle und Seminarräume, sollten beispielsweise jeweils nur anhand eines exemplarisch ausgewählten Raumes gezeigt werden, da es keinerlei Informationsgewinn für den Betrachter gibt, wenn man alle Räume erfasst. Die Büros der Mitarbeiter kann man ebenfalls aussparen oder durch ein Musterbeispiel repräsentieren. Bei anderen Beispielen, wie dem Fernsehstudio als ein Kernstück des Gebäudes, kann es wiederum Sinn machen, dieses sogar aus mehreren Perspektiven zu zeigen.

Als erste Orientierung würde der Autor zur Erstellung der „Basistour“ folgende Locations vorschlagen: Fernsehstudio (mehrere Standorte), Fernsehregie, Radio-Studio und Redaktionsraum/-räume, Tonstudio und Aufnahmeraum, einen Vorlesungssaal, einen Seminarraum sowie Schnittpool/Einzelschnittplatz. Diese Locations sollten dann durch die entsprechenden Panoramen der Gänge, die sie verbinden, ergänzt werden. Dazu reicht es in den meisten Fällen voraussichtlich, die jeweiligen „Kreuzungen“ der Gänge als Standorte zu wählen. Die Hotspots für die Räume kann man auf den entsprechenden Türen setzen.

Sollten wichtige Locations in dieser Aufzählung vergessen worden sein, können diese bei der Umsetzung natürlich ergänzt werden. Eine ständige Erweiterung der Tour wäre ohnehin empfehlenswert, um die Tour aktuell und interessant zu halten. Des Weiteren sollten, nach Absprache mit den verantwortlichen Mitarbeitern, Locations der Fakultät Soziale Arbeit integriert werden. Weitere Überlegungen zur Erweiterung gibt es im Abschnitt Mögliche Erweiterungen der Tour. Für die Erstellung einer Panoramatour, sollte vor allem genügend Zeit vorhanden sein. Eine gründliche Planung und viel zeitlicher Spielraum bei den Aufnahmen lassen genügend Platz für eine kreative Umsetzung und vermeiden Fehler bei der Aufnahme. Eine hastige und ungeplante Aufnahme, wird hinterher *immer* einen zeitlichen Mehraufwand bedeuten.

4.1.2 Technische Vorbereitung

Zuerst sollte die Kamera vorbereitet werden. Ein essentielles Thema ist dabei die Stromversorgung. Die Tatsache, dass für den Betrieb der Kamera mindestens ein Akku benötigt wird, erscheint zunächst logisch und könnte als selbstverständlich vorausgesetzt werden. Da die Panoramaaufnahmen jedoch viel mehr Zeit in Anspruch nehmen als klassische Fotografie, wird an dieser Stelle noch einmal ausdrücklich dazu geraten, genügend volle Akkus für die Aufnahmen zu besorgen. Sollte sich die Kamera während der Aufnahme eines Panoramas ausschalten, wird es schwer, die Aufnahme nach dem Akkuwechsel an genau dieser Stelle fortzusetzen. Deshalb muss die Aufnahme neu gestartet werden, was einen erhöhten Zeitaufwand bedeutet. Das Gleiche gilt für die Stromversorgung des Gigapan.

Die technischen Einstellungen wird der Autor anhand der Probeaufnahmen, die im Zuge dieser Arbeit erstellt wurden, erklären. Für die Aufnahmen wurde eine Canon 5D Mk-II mit einem Canon L 24-105 f/4.0 benutzt. Die Brennweite war auf 67mm eingestellt also im Telebereich, in dem es bereits zu einer deutlichen Verringerung der Tiefenschärfe kommt. Um diesem Effekt entgegen zu wirken, wurde eine Blende von 8.0 gewählt. Man hätte auch eine kürzere Brennweite wählen können, um mehr Tiefenschärfe zu erreichen, allerdings hätte damit auch der Detailgrad abgenommen. Diesem Phänomen sollte bei der Vorbereitung besondere Beachtung geschenkt werden, denn der Mittelweg zwischen vielen Details und ausreichender Schärfe im gesamten Bereich muss zwangsläufig durch Ausprobieren getestet werden. Man sollte manuell eine ausreichende Anzahl an Probefotos machen und diese genau untersuchen. Ist die Menge von Details unzureichend oder das Bild nicht scharf genug, verdirbt es das Endergebnis. Besonders hier sollte man sich Zeit zu nehmen, um später Zeit zu sparen.

Da die Blende relativ geschlossen ist, wird eine lange Belichtungszeit benötigt, um eine ausreichende Belichtung zu ermöglichen. Bei den Probeaufnahmen wurde eine Belichtungszeit von 1/13 Sekunde gewählt. Dabei orientierte sich der Autor an der integrierten Belichtungskorrektur der Kamera, welche durch die Messfelder mit Informationen versorgt wird. Außerdem wurde ein ISO-Wert von 500 und der Fokusring knapp vor der ∞ - Stellung eingestellt. Als Bildstil wurde die Voreinstellung „natürlich“ gewählt.

Die Qualität der Bilder sollte, so die Planung für die Probeaufnahmen, so hoch wie nur möglich sein, damit man durch die Weiterverarbeitung und Komprimierung der Dateien nicht unnötig Details verliert. Da die verwendete Kamera RAW-Aufnahmen (also unkomprimierte Aufnahmen) unterstützt, wurde diese Option gewählt. Beim ersten Stand-

ort der Probeaufnahmen wurden dementsprechend JPEG-Dateien (komprimiert) und RAW-Dateien auf der Speicherkarte abgelegt. Diese RAW-Dateien sind sehr groß, weswegen auch eine Speicherkarte mit viel Speicherplatz nötig ist. Bei den Aufnahmen stand eine 32GB CompactFlash-Karte zur Verfügung, die für diese Zwecke vollkommen ausreichend ist. Leider stand für die Karte allerdings nur ein USB 2.0 Lesegerät bereit. Das Übertragen der Dateien des ersten Panoramas über diese Schnittstelle hätte etwa zweieinhalb Stunden gedauert. Deshalb wurden nur die deutlich kleineren JPEG-Dateien verwendet, welche pro Panorama trotzdem etwa 30 Minuten für die Übertragungen brauchten. Für die Planung einer größeren Tour sollte unbedingt ein schnelleres Lesegerät eingeplant werden, der aktuelle USB 3.0 Standard bietet hier deutlich schnellere Übertragungsraten.

Ein weiterer wichtiger Punkt bei der Aufnahme ist ein stabiler Stand des kompletten Aufbaus. Die Kamera mit Objektiv und dem Gigapan wiegt je nach Konstellation einige Kilogramm: bei den Probeaufnahmen etwa Kamera 1kg plus Objektiv 700g plus Gigapan 3,6kg macht insgesamt 5,3kg. Ein stabiles Stativ mit Möglichkeiten für die Nivellierung des Stativkopfes ist eine Grundvoraussetzung für die Erstellung der Aufnahmen. Der Gigapan mit Kamera muss im gesamten Drehbereich exakt gerade sein, damit es auf den Bildern nicht zu schiefen Kanten (z.B. bei Fenstern oder Türen) kommt. Bei den Probeaufnahmen stand dem Autor leider nur ein relativ instabiles Fotostativ zur Verfügung, bei dem die Stativplatte, an welcher der Gigapan befestigt war, rund war und sich drehte. So etwas sollte unbedingt vermieden werden, da diese drehbare Stativplatte bei der Bewegung des Gigapan sehr leicht unerwünschte Drehungen oder Wackler hervorrufen kann. Außerdem wäre ein Stativ mit einer sogenannten Bodenspinne, welche die Stativbeine fixiert, empfehlenswert.

Zu Beginn der Probeaufnahmen wurde der Gigapan als erstes auf die Werkeinstellungen zurückgesetzt. Danach wurde die Sprache auf Deutsch gestellt und die notwendigen Einstellungen vorgenommen. Im Menüpunkt „Optionen“ wurde der Punkt „Zeit/Belichtung“ auf 0,5 Sekunden eingestellt, damit es eine ausreichende Verzögerung gibt, bevor die Kamera weiterbewegt wird und es somit nicht zu Komplikationen auf Grund der längeren Belichtungszeit kommt. Beim ersten Panorama wurde noch eine Spiegelvorauslösung eingestellt, um ein eventuelles Verwackeln der Kamera zu verhindern. Allerdings wurden durch diese Einstellung immer zwei Fotos pro Position von der Kamera aufgenommen. Der genaue Grund für diese Fehlfunktion ist dem Autor leider unklar, aber die Vermutung liegt nahe, dass Kameras der Marke Canon diese Funktion nicht unterstützen. Da bei den Probeaufnahme dennoch scharfe Bilder entstanden, wurde die Funktion ausgeschaltet. Alle anderen Einstellungen wurden nicht verändert.

4.2 Fotoaufnahmen mit Gigapan

Für die Probeaufnahmen wurde eine Location im Gang der mittleren Etage festgelegt. Diese wurde gewählt, da zum Zeitpunkt der Aufnahme noch starker Publikumsverkehr auf der Haupttreppe und den sich anschließenden Gängen herrschte. Bei der Erstellung einer größeren Tour sollten die Orte aber nach Möglichkeit in der geplanten Reihenfolge abgearbeitet werden. Die Location sollte für die Aufnahme auf jeden Fall vorbereitet werden, d.h. eventuell unordentliche Ecken sollten beseitigt oder verrückte Stühle ordentlich hingestellt werden. Ein überlaufender Mülleimer oder Ähnliches wirkt auf die Betrachter wenig einladend, es sollte daher auf eine gewisse Bildästhetik geachtet werden. Ist dies erledigt, sollte ein geeigneter Standort für die Kamera gefunden werden. Hier sind ebenfalls ein paar Testläufe erforderlich, um wirklich alle wichtigen Bildteile und -informationen auf dem Panorama zu erfassen. Um sich in so einem Testlauf einmal rundherum „umsehen“ zu können, kann man die in dem Panoramakopf fixierte Kamera mit der Option „Kamera bewegen“ im Gigapan in alle Richtungen bewegen.

Um im nächsten Schritt mit der Aufnahme zu beginnen, muss „360 Pano“ ausgewählt und dem Gigapan die gewählte Brennweite übermittelt werden. Das geschieht, indem man durch den Kamerasucher schaut und mit den Pfeiltasten am Gigapan die obere Bildkante an einem bestimmten Objekt ausrichtet. Dann bestätigt man mit „OK“ und wiederholt diesen Vorgang mit der unteren Bildkante. Anschließend wird der Bereich für das Panorama, beziehungsweise der Schwenkwinkel von oben nach unten ausgewählt, da beim 360°-Panorama nur diese Information für den Gigapan erforderlich ist. Anschließend müssen einige Fragen auf dem Gigapan Display mit „OK“ bestätigt werden, welche sicherstellen sollen, dass zum Beispiel die Kamera eingeschaltet und der Weißabgleich fest eingestellt ist. Schließlich werden die Aufnahmen automatisch vom Gigapan erstellt, wobei der Benutzer den Aufnahmeprozess beobachten und im Falle einer Störung (z.B. jemand läuft in das Bild) die Aufnahme unterbrechen und nach Beseitigung der Störung fortsetzen sollte.

Nachdem die Aufnahmen erstellt wurden, empfiehlt sich eine sofortige Sicherung der Daten. Diese Maßnahme hat mehrere Vorteile:

- Die Zeit, welche die Daten zum Kopieren brauchen, kann genutzt werden, um das Stativ auf seiner neuen Position zu platzieren und die Kamera einzurichten.

- Die Speicherkarte kann komplett geleert werden. Dadurch wird vermieden, dass die Karte während der Aufnahme voll wird und der Prozess abgebrochen werden muss.
- Die erstellten Bilder können sofort an einem größeren Bildschirm als dem Kameradisplay betrachtet werden. Eventuelle Unschärfen oder Fehler in den Bildern können sofort analysiert und entsprechende Maßnahmen getroffen werden.
- Die Bilder können sofort mehrfach abgesichert werden. Wenn man zum Beispiel ein Notebook benutzt, können die Bilder auf der internen und auf einer externen Festplatte gespeichert werden. Das gibt zusätzliche Sicherheit und schützt vor Datenverlusten.

Bei der Datensicherung sollte in jedem Fall auf eine sinnvolle Ordnerstruktur geachtet werden. Auf Grund der großen Anzahl von Einzelbildern sollten Unterordner für jedes einzelne Panorama erstellt werden.



Abbildung 11: Am besten kann man die Einzelfotos kontrollieren, indem man das Explorerfenster so verändert, dass immer einer Spalte der Fotos in einer Reihe im Explorer dargestellt werden. Unregelmäßigkeiten können so auf den ersten Blick erkannt werden

Das Erstellen der Aufnahmen nimmt einige Zeit in Anspruch. Die Zeiten der Probeaufnahmen sind in der folgenden Tabelle aufgelistet:

	Vorbereitungszeit	Aufnahmezeit	Kopieren	Gesamtzeit
Pano 1	30 min.	20 min.	30 min.	80 min.
Pano 2	10 min.	20 min.	30 min.	60 min.
Pano 3	10 min.	20 min.	30 min.	60 min.
Summe	50 min.	60 min.	90 min.	3h 20min.

Tabelle 1: Zeitaufwand, gemessen an den erstellten Probeaufnahmen

Man kann erkennen, dass die Vorbereitungszeit vor dem ersten Panorama die längste ist. Einige Einstellungen, die vor dem ersten Panorama gemacht werden müssen (Weißabgleich, Belichtungszeit etc.) können bei den folgenden Panoramen meist übernommen werden. Die Aufnahme selbst dauerte bei allen Panoramen ungefähr 20 Minuten, allerdings sind dort keine Aufnahmen für Zenit und Nadir eingerechnet, auf die bei den Probeaufnahmen verzichtet wurde. Deutliche Zeiteinsparungen können beim Übertragen der Daten erzielt werden, wenn ein schnelleres Kartenlesegerät verwendet wird, wie bereits weiter oben erwähnt wurde. Die Kopierzeit kann sich auch mit der Vorbereitungszeit des nächsten Panoramas überschneiden. Insgesamt nimmt die Aufnahme eines Standorts ungefähr eine Stunde in Anspruch. Prinzipiell ist es möglich, die Aufnahmen alleine zu erstellen, allerdings können Aufgaben wie das gleichzeitige Kopieren und Bewerten der Fotos und der Umbau auf eine neue Location besser zu zweit erledigt werden.

Bei der Erstellung der Probeaufnahmen stellte der Autor fest, dass die Fenster des Medienzentrums sehr stark spiegeln, gerade wenn es draußen dunkel ist. Sollte die Tour wie empfohlen bei Nacht aufgenommen werden, ist ein Polarisationsfilter fast unentbehrlich. Polarisationsfilter können unerwünschte Reflexionen und Spiegelungen auf glatten Oberflächen verringern oder komplett beseitigen.⁷⁷

⁷⁷ vgl. Polarisationsfilter - Funktionsweise, o. J., <<http://www.filmtechnik-online.de/filmtechnik/polarisa.htm>>, Stand: 30.01.2015.

4.3 Das Stitching mit Autopano Giga

Für das Stitching sollte man zuerst die Ordner „aufräumen“. Sollte der Gigapan während der Aufnahme gestoppt werden, macht er meistens an der gleichen Position zur Sicherheit ein zweites Foto. Solche Doppelfotos sollten gelöscht werden. Sind die Ordner vorbereitet, kann man die Software öffnen und die Fotos importieren. Dazu geht man auf „Import aus“ und wählt „Gigapan“. Es öffnet sich der Importassistent und man wählt den Ordner mit den Fotos aus. Man kann in dem kleinen Vorschaufenster die Anordnung kontrollieren. Bei den Probeaufnahmen wurde bei zwei von drei Panoramen nicht die richtige Anzahl an Reihen und Spalten erkannt, weshalb man an dieser Stelle bereits besonders aufmerksam sein sollte. Man kann sich durch die einzelnen Karteikarten (Tabs) des Importassistenten klicken und gegebenenfalls Einstellungen anpassen. Man sollte auf jeden Fall die Option „360° Panorama erzwingen“ auswählen, dann kann man auf „abschließen“ klicken. Das Panorama wird nun automatisch berechnet und angezeigt und sollte anschließend bearbeitet werden.

Dazu klickt man über dem berechneten Panorama auf „Bearbeiten“ und es öffnet sich ein neues Fenster mit einer neuen Oberfläche. Die obere „Werkzeugleiste“ ist in vier Bereiche unterteilt: Geometrie, Editoren, Farbe und Rendern. Der Bereich „Geometrie“ wird größtenteils dafür verwendet, das gesamte Panorama zu bearbeiten, also die Ränder zu beschneiden, Linien zu begradigen oder das Panorama zu rotieren/drehen. Mit „Editoren“ können Einzelbilder, Kontrollpunkte und Masken bearbeitet werden. Der Bereich „Farbe“ bietet Möglichkeiten zur Farbbearbeitung und „Rendern“ dient dazu, die Bearbeitungen fest in das Panorama einzufügen.

Beim Import der Probeaufnahmen wurden Bilder an die falsche Stelle gesetzt oder zu klein bzw. verschoben dargestellt, was durch manuelle Nachbearbeitung berichtigt werden konnte. Man sollte sich auch hier genügend Zeit nehmen und das Panorama ganz genau betrachten, um Fehler oder Unstimmigkeiten zu erkennen, die nicht gleich auf den ersten Blick zu erkennen sind. Auf den folgenden Seiten wird dies Anhand eines Beispiels aus den Probeaufnahmen veranschaulicht.

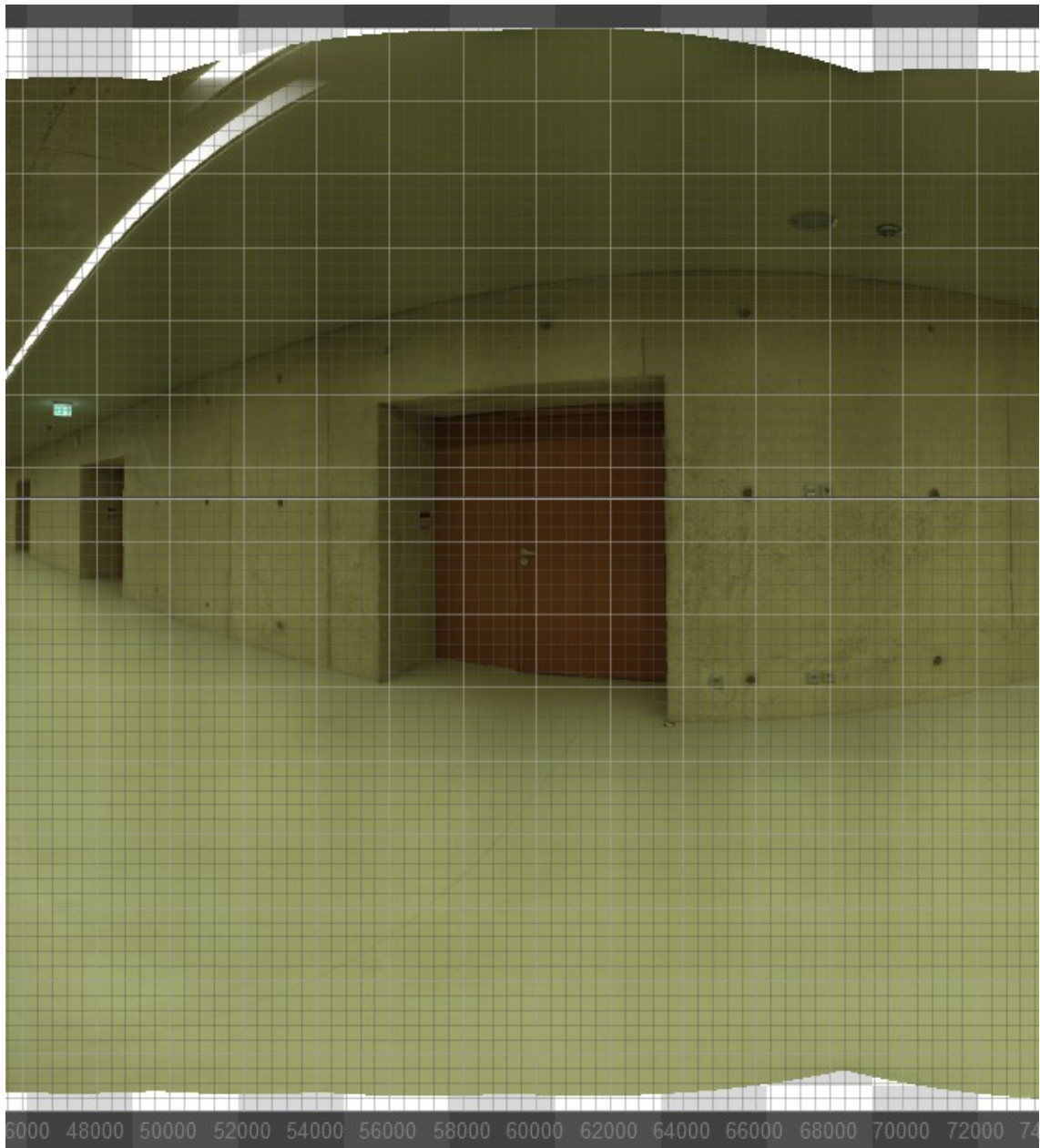


Abbildung 12: Ausschnitt des Panoramas vor der Bearbeitung

In Abbildung 12 ist am oberen Bildrand eine Verschiebung der Bilder zu erkennen, was zu der Wölbung am oberen Rand des Panoramas und vor allem zu der Unterbrechung der eigentlich durchgängigen Deckenlampe führt. Außerdem ist am unteren rechten Rand des Bildes eine Einbuchtung zu erkennen, die zunächst nicht weiter problematisch erscheint. Zum Problem könnte sie aber in der nachträglichen Bearbeitung werden, denn sollte das Panorama später an den Rändern beschnitten werden, um durchgängig gerade Kanten zu schaffen, würde das Programm automatisch immer den größtmöglichen rechteckigen Rahmen auswählen. Dieser Rahmen wird immer den am weitesten in das Bild ragenden Punkt tangieren, sodass der auf Abbildung 12 zu sehende „Knick“ jede Menge Bildinformation kosten würde. Dieser sollte also so gut wie möglich beseitigt werden.

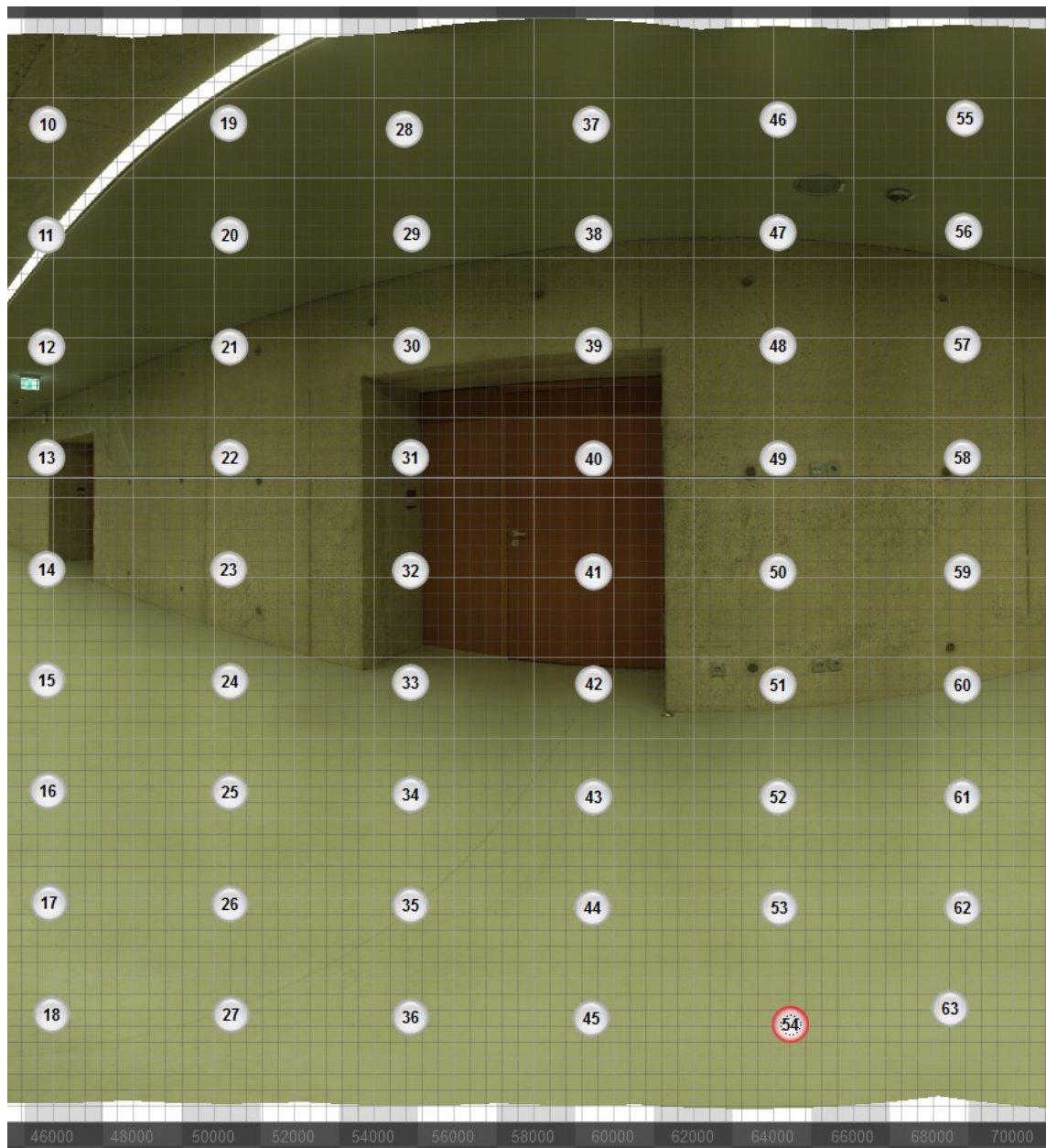


Abbildung 13: Ausschnitt des Panoramas nach der Bearbeitung

Wie man in der bearbeiteten Version (Abbildung 13) sehen kann, werden die Einzelbilder im Einzelbildmodus von der Software durchnummeriert. Man kann erkennen, dass die Bilder 28 und 37 verschoben und verkleinert wurden. Außerdem wurde der Winkel von Bild 28 leicht verändert. Sodass die Deckenlampe wieder als Ganzes dargestellt wird. Bild 54 war verantwortlich für die Einbuchtung am unteren Bildrand. Dieses Bild wurde vergrößert und leicht nach rechts verschoben, um die Lücke so gut wie möglich zu schließen.

Ist die Bearbeitung der Einzelbilder abgeschlossen, kann das komplette Panorama an den Rändern beschnitten werden. Anschließend kann man, je nach Qualität der Bilder, noch eine Farbkorrektur vornehmen. Da die Probeaufnahmen einen leichten Grünstich haben und etwas düster wirken, wurde die Helligkeit etwas angehoben und die Balance zwischen den Farbkanälen (rot, grün, blau) leicht angepasst. Das Ergebnis sieht man in Abbildung 14.

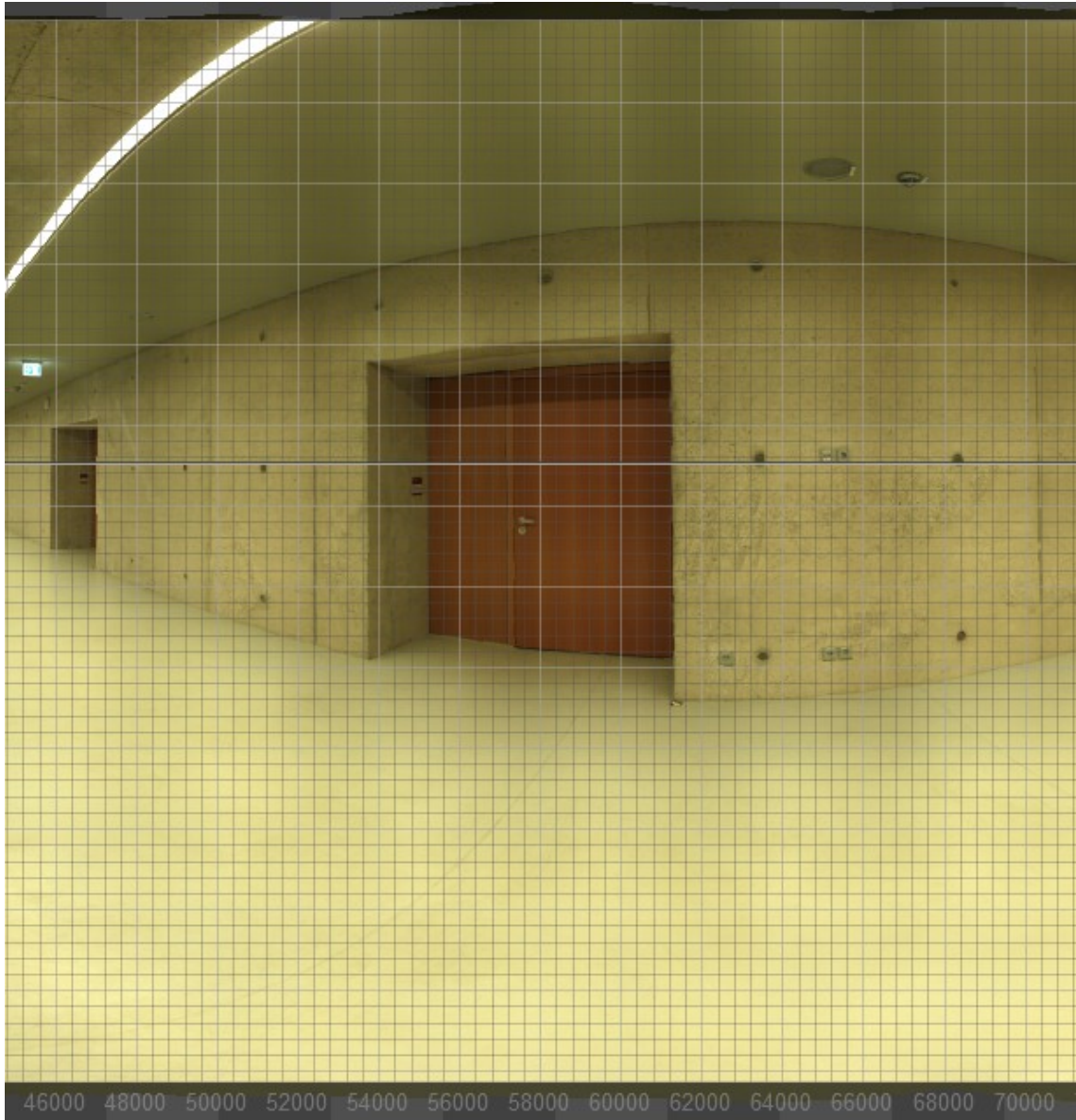


Abbildung 14: Panorama nach der Farbkorrektur

Zuletzt muss das Panorama gerendert werden. Dieser Vorgang ist sehr rechenintensiv, weshalb ein guter PC mit leistungsstarken Komponenten unerlässlich ist. Für die Probeaufnahmen wurde ein Windows-PC mit einem AMD 6-Kern Prozessor mit 2,8GHz und 16GB DDR3 Arbeitsspeicher verwendet. Der Prozessor war während des Rendervorgangs auf allen sechs Kernen zwischen 60% und 90% ausgelastet und das Programm benutzte etwa 12GB Arbeitsspeicher.

4.4 Erstellen der Tour mit Panotour Pro 2

Sobald alle Panoramen fertig gestitcht sind, ist der Hauptteil der Arbeit fast erledigt. Panotour Pro 2 bietet eine, nach Meinung des Autors, sehr übersichtliche Oberfläche, mit der man gut arbeiten kann. Zunächst müssen alle Panoramen in die Software geladen werden. Sie werden anschließend im „Tour“-Tab der Software angezeigt, in dem man die einzelnen Panoramen frei auf der grauen Oberfläche bewegen kann. Das ist besonders hilfreich, weil dadurch Panoramen, die später in Verbindung miteinander stehen sollen, schon vorher geordnet werden können. Als nächstes sollte ein Stil geladen werden. Dafür kann aus verschiedenen Voreinstellungen (Presets) ausgesucht werden. Die Presets sind komplett vorgefertigt und können sofort verwendet werden, ohne dass man viele Einstellungen ändern muss, obwohl das bei Bedarf durchaus möglich ist. Leider gibt es keine gute Vorschauansicht für die Symbole und Schaltflächen, welche sich in den Presets voneinander unterscheiden.

Anschließend kehrt man in den „Tour“-Tab zurück und setzt mit Hilfe der verschiedenen Tools die Hotspots auf den einzelnen Panoramen. Durch sie werden Panoramen miteinander verbunden und Medien in die Bilder eingefügt. In den Eigenschaften der Panoramen können u.a. Startparameter, Rotation, GPS-Daten eingefügt und bearbeitet werden. Sind alle diese Punkte abgearbeitet, kann man die Tour im „Erstellen“-Tab ausgeben lassen. Die ausgegebene Datei kann entweder für einzelne Endgeräte (Desktop, mobile Endgeräte) oder nach Anzeigesoftware (HTML5, Flash) abgestimmt werden oder aber für alles gleichzeitig kompatibel bleiben. Leider muss die Tour jedes Mal komplett erstellt werden, auch wenn man nur einen Zwischenstand aufrufen möchte, denn eine „Vorschau“-Option gibt es nicht.

4.4.1 Mögliche Erweiterungen der Tour

Die Erstellung der Panoramatour ist eine anspruchsvolle Aufgabe. Der erforderliche Zeit- und Arbeitsaufwand sollte nicht unterschätzt werden. Trotzdem sollte daran gedacht werden, wie man die Tour erweitern könnte. Die fortwährende Weiterentwicklung und Ergänzung der ursprünglichen Tour dient zum einen dazu, sie immer aktuell zu halten und somit interessant für Besucher der Hochschulwebsite zu machen, zum anderen bietet sie die Möglichkeit, dass sich mehrere „Generationen“ von interessierten Studenten mit diesem Thema praktisch beschäftigen können.

Durch die umfangreichen Funktionen der verwendeten Programme bietet es sich an, verschiedene Medien in die Tour zu integrieren. Das kann vor allem durch Fotos geschehen, die an den jeweiligen Locations eingefügt werden. So könnten zum Beispiel im TV-Studio Bilder von Produktionen oder Events (wie dem Medienforum) eingefügt werden. Man könnte auch Videos oder Websites verknüpfen. Dabei bedeutete die Erstellung dieser Inhalte keine zusätzliche Arbeit, da die Inhalte schon für andere Plattformen wie die Hochschulwebsite oder den Youtube-Kanal produziert werden. Es wäre nur eine weitere, sinnvolle Möglichkeit diese Inhalte zu verwenden und zu verbreiten. Eine weitere Idee wäre, das 99drei Radio Mittweida Soundlogo in das Sendestudio zu integrieren bzw. andere, von Studenten produzierte Audioaufnahmen in das Panorama des Tonstudios einzusetzen.

Natürlich kann die Tour nicht nur durch zusätzliche Inhalte, sondern auch im Umfang erweitert werden. Man könnte Außenaufnahmen hinzufügen oder andere Gebäude einbinden. Es könnte langfristig sogar eine Tour über den gesamten Campus und durch alle Gebäude geben. So ein Vorhaben braucht allerdings Zeit und müsste Stück für Stück entstehen.

5 Schlussbetrachtungen

Die Bearbeitung dieses Themas bringt wichtige Erkenntnisse mit sich. Eine der wichtigsten ist, dass das Erstellen einer Panoramatour in diesem Umfang sehr viel Zeit braucht. Eine gründliche Planung ist ebenso unverzichtbar, wie eine strukturierte und effektive Arbeitsweise vor, während und nach der Erstellung der Aufnahmen. Da der Workflow eine Kette von Aufgaben beinhaltet, wirkt sich jeder Fehler bzw. jede Unachtsamkeit entweder auf das Endergebnis oder auf die benötigte Zeit aus. Sind die erstellten Einzelfotos unscharf, wird auch das komplette Panorama in der Tour unscharf sein. Variiert der Weißabgleich zwischen einzelnen Bildern wegen fehlerhaften Einstellungen bei der Aufnahme, ist ein zeitaufwendiges, manuelles Nachbearbeiten der Fotos nötig.

Eine weitere wichtige Erkenntnis dieser Arbeit ist, dass diese Panoramatour ein weiteres Mittel darstellt, um produzierte Inhalte crossmedial zu verwerten. Um einen Zuschauer zum Beispiel auf den eigenen Youtube-Kanal zu leiten, muss man sich etwas Besonderes einfallen lassen, um aus der Masse heraus zu stechen. Die Tour bietet diese Möglichkeit, bei der die eigenen, in der Hochschule produzierten Videos in die Tour integriert und so ein größeres Publikum erreichen können. Außerdem können Fotos und Audioaufnahmen die Tour ergänzen und dem Betrachter völlig neue Erfahrungen vermitteln. Eine große Chance dieser Tour ist ihre Dynamik, denn sie kann immer wieder erweitert werden. Sie wird nicht nur ein einziges Mal erstellt und bleibt dann unveränderlich, sondern kann in regelmäßigen Abständen weiterentwickelt werden. Das bietet auch die Möglichkeit, viele Jahrgänge von Studenten an diesem Projekt arbeiten zu lassen und das Thema „Panoramatour“ sogar fest in den Studienablaufplan zu integrieren.

Nach Meinung des Autors bietet das Thema große Chancen. Der Internetkonzern Google hat seinen Dienst „Street-View“ mittlerweile etabliert und ein Großteil der Internetnutzer hat diesen Dienst wahrscheinlich schon genutzt. Die Panoramatour, wie sie in dieser Arbeit betrachtet wurde, lässt sich ohne viel Aufwand auf andere Projekte übertragen. Lebensmittelhändler gehen aktuell vermehrt dazu über, ihre Waren auch im Internet zu vertreiben. Wieso sollte der nächste Schritt nicht ein virtueller Supermarkt sein? Der potentielle Kunde könnte virtuell durch die Gänge gehen und die Produkte ansehen. Durch einen Klick auf das gewünschte Produkt könnten, neben der Option, den Artikel zu kaufen, weitere Informationen dazu angezeigt werden. Ein solches Szenario ließe sich mit den Hinweisen dieser Arbeit realisieren. Genauso könnte man

virtuelle Kunstaussstellungen, Museen oder architektonische Sehenswürdigkeiten darstellen. Teilweise wird dies bereits umgesetzt, nach Meinung des Autors besitzt die Panoramatur dennoch weiteres Potential und wird derzeit noch verhältnismäßig wenig eingesetzt.

Literaturverzeichnis

Balzert, Helmut; Schröder, Marion; Schäfer, Christian: Wissenschaftliches Arbeiten Ethik, Inhalt & Form wiss. Arbeiten, Handwerkszeug, Quellen, Projektmanagement, Präsentation, Herdecke; Witten 2011.

Böhringer, Joachim: Kompendium der Mediengestaltung für Digital- und Printmedien, Berlin; Heidelberg 2011.

Hevesi, Dennis: Bryce Bayer, Inventor of a Filter to Make Color Digital Pictures, Dies at 83, in: The New York Times, 28. November 2012, <<http://www.nytimes.com/2012/11/29/business/bryce-bayer-inventor-of-a-filter-to-make-color-digital-pictures-dies-at-83.html>>, Stand: 02.12.2014.

Resenhoeft, Thilo: Privatkunde lässt größte Tele-Optik der Welt bauen, in: Welt Online, 1. Juli 2009, <<http://www.welt.de/wissenschaft/innovationen/article4036719/Privatkunde-laesst-groesste-Tele-Optik-der-Welt-bauen.html>>, Stand: 05.12.2014.

Schmidt, Daniel: Hochschule für angewandte Wissenschaft Hamburg - Diplomarbeit - Virtueller Rundgang.pdf, 2004, <<http://users.etch.haw-hamburg.de/users/Fitz/Diplomarbeit%20-%20Virtueller%20Rundgang.pdf>>, Stand: 18.01.2015.

Westphalen, Christian.: Die große Fotoschule: digitale Fotopraxis, Bonn 2011.

Bildsensoren in Digitalkameras, PC-WELT Online, 12. August 2012, <<http://www.pcwelt.de/ratgeber/CMOS-vs-CCD-Bildsensoren-5794727.html>>, Stand: 03.12.2014.

Panorama, o. J., <<http://www.medien-gesellschaft.de/html/panorama.html>>, Stand: 03.01.2015.

Duden | pan- | Rechtschreibung, Bedeutung, Definition, Herkunft, o. J., <http://www.duden.de/rechtschreibung/pan_>, Stand: 03.01.2015.

Duden | Panorama | Rechtschreibung, Bedeutung, Definition, Synonyme, Herkunft, o. J., <<http://www.duden.de/rechtschreibung/Panorama>>, Stand: 03.01.2015.

Galileo Design :: Das Praxisbuch HDR-Fotografie – 6.3 Projektionsarten und Panoramaformen, o. J., <http://openbook.galileo-press.de/hdr_fotografie/hdr_06_003.htm#mj28ebca1f2a2f3ea6b796214dbcb34306>, Stand: 22.12.2014.

360°X180°: Sphärisches Panorama, o. J., <<http://www.360x180.info/Sphaerisches-Panorama.32.0.html>>, Stand: 22.12.2014.

Hochschule Mittweida: Schlüssel zur fachüberbergreifenden Zukunft der Hochschule, o. J., <https://www.hs-mittweida.de/nc/newsampservice/hsmw-news/detailansicht-hswm-news/browse/5/article/schluessel-zur-fachueberbergreifenden-zukunft-der-hochschule.html?tx_ttnews%5BbackPid%5D=75&cHash=55791e707867c52c03b6944257dfc78d>, Stand: 03.01.2015.

Fokussieren < Die Kamera < Grundlagen < Fotoschule, o. J.,
<http://www.puchner.org/Fotografie/technik/die_kamera/fokus.htm>, Stand:
15.12.2014.

Pentaprisma in der Fotografie | Design Portal für Designer - Studium, Ausbildung und Beruf, o. J., <<http://www.design-literatur.de/fotografie-lexikon-pentaprisma>>, Stand:
15.12.2014.

Belichtungsmessung mit modernen Spiegelreflexkameras, Erklärung unterschiedlicher Methoden zur Messung der Belichtung, o. J.,
<<http://www.scandig.info/Belichtungsmessung.html>>, Stand: 16.12.2014.

Bayer-Farbinterpolation, o. J., <<http://www.vision-doctor.de/flaechenkameras/1chip-farbkameras/bayer-farbinterpolation.html>>, Stand: 02.12.2014.

Was ist eigentlich ein Nodalpunkt? | fotomagazin.de, o. J.,
<<http://www.fotomagazin.de/technik/was-ist-eigentlich-ein-nodalpunkt>>, Stand:
03.02.2015.

Hauptebenen, o. J., <http://universal_lexikon.deacademic.com/248239/Hauptebenen>, Stand: 26.01.2015.

Pro_Manual_DE.pdf, o. J., <http://www.gigapan.com/cms/Pro_Manual_DE.pdf>, Stand: 03.02.2015.

www.rosalinse.de +++ Fachwissen Panorama 04 Parallaxe +++, o. J.,
<http://www.rosalinse.de/fw_pan_04.html>, Stand: 19.12.2014.

NN3 Benutzer-handbuch | Ausrichten der Kamera auf die Eintrittspupille des Objektivs, o. J., <<http://www.nodalninja.com/nn3-de/ausrichten-der-kamera-auf-die-eintrittspupille-des-objektivs/10/>>, Stand: 21.12.2014.

Photo stitching software 360 degree Panorama image software - PTGui, o. J.,
<<http://www.ptgui.com/>>, Stand: 18.01.2015.

About us - PTGui, o. J., <<http://www.ptgui.com/about.html>>, Stand: 18.01.2015.

Features of PTGui and PTGui Pro - PTGui, o. J., <<http://www.ptgui.com/features.html>>, Stand: 18.01.2015.

Kolor, the company | Image-stitching and virtual tour solutions | Kolor, o. J.,
<<http://www.kolor.com/about-kolor-image-stitching-virtual-tours.html>>, Stand:
18.01.2015.

Autopano - Supported file format in input - Autopano, o. J.,
<http://www.autopano.net/wiki-en/action/view/Autopano_-_Supported_file_format_in_input>, Stand: 23.12.2014.

Autopano - FAQ - Using the software - Autopano, o. J., <http://www.autopano.net/wiki-en/action/view/Autopano_-_FAQ_-_Using_the_software>, Stand: 23.12.2014.

Was sind EXIF-Daten?, o. J., <<http://digicam-experts.de/wissen/2>>, Stand: 23.12.2014.

Panotour Pro 2 - Supported input file formats - Autopano, o. J.,
<http://www.autopano.net/wiki-en/action/view/Panotour_Pro_2_-_Supported_input_file_formats>, Stand: 24.12.2014.

Google Lat Long: More streets in more places, o. J., <<http://google-latlong.blogspot.de/2008/08/more-streets-in-more-places.html>>, Stand: 27.12.2014.

Google Street View jetzt auch am Südpol | t3n, o. J., <<http://t3n.de/news/google-street-view-sudpol-402397/>>, Stand: 27.12.2014.

National Gallery Of Modern Art (NGMA), New Delhi - Google Cultural Institute, o. J., <<https://www.google.com/culturalinstitute/collection/national-gallery-of-modern-art-ngma-new-delhi?projectId=art-project>>, Stand: 27.12.2014.

Panotour Pro 2 - Virtual tour software - Create the virtual tours of next generation | Panotour Pro, o. J., <<http://www.kolor.com/ptp2>>, Stand: 03.01.2015.

Mars Panorama - Curiosity rover: Martian solar day 2 panorama in Out of this World - 360Cities, o. J., <<http://www.360cities.net/image/curiosity-rover-martian-solar-day-2#147.50,21.20,59.0>>, Stand: 27.12.2014.

Contact/Impressum | Garden Gnome Software, o. J., <<http://ggnome.com/contact>>, Stand: 18.01.2015.

Pano2VR | Garden Gnome Software, o. J., <<http://ggnome.com/pano2vr>>, Stand: 18.01.2015.

heft133.pdf, o. J., <<http://web.archive.org/web/20090206091538/http://iwi.uni-sb.de/Download/iwihefte/heft133.pdf>>, Stand: 06.01.2015.

EPK - Promise2002_Nuettgens_Rump.pdf, o. J., <http://www.wiso.uni-hamburg.de/fileadmin/wiso_fs_wi/EPK-Community/Promise2002_Nuettgens_Rump.pdf>, Stand: 06.01.2015.

EPK-Modellierung, o. J., <<http://www.re-wissen.de/opencms/Wissen/Techniken/EPK-Modellierung.html>>, Stand: 08.01.2015.

Sphärische Panoramen einer Architektur erstellen (Teil 1) › kwerfeldein - Fotografie Magazin | Fotocommunity, o. J., <<http://kwerfeldein.de/2009/10/06/sphaerische-panoramen-einer-architektur-erstellen-teil-1/>>, Stand: 28.12.2014.

Gigapan EPIC PRO Panoramic Robot [Review] - Digital Photography School, o. J., <http://digital-photography-school.com/gigapan-epic-pro-panoramic-robot-review/#disqus_thread>, Stand: 09.01.2015.

Using AutoPano Giga To Create Panoramas With Gigapan Heads Or Freehand Shooting Grids - Digital Photography School, o. J., <<http://digital-photography-school.com/using-autopano-giga-to-create-panoramas-with-gigapan-heads-or-freehand-shooting-grids/>>, Stand: 27.12.2014.

Sphärische Panoramen einer Architektur erstellen (Teil 3) › kwerfeldein - Fotografie Magazin | Fotocommunity, o. J., <<http://kwerfeldein.de/2009/10/10/sphaerische-panoramen-einer-architektur-erstellen-teil-3-organisation-software/>>, Stand: 28.12.2014.

Panorama Tools, o. J., <<http://www.panoramatools.com/>>, Stand: 03.02.2015.

Main Window: Optimizer tab, o. J., <http://www.ptgui.com/ptguihelp/main_optimizer.htm>, Stand: 12.01.2015.

Autopano - Import... - Panotools - Autopano, o. J., <http://www.autopano.net/wiki-en/action/view/Autopano_-_Import..._-_Panotools>, Stand: 13.01.2015.

Autopano - Import... - VR Drive 2 - Autopano, o. J., <http://www.autopano.net/wiki-en/action/view/Autopano_-_Import..._-_VR_Drive_2>, Stand: 13.01.2015.

Panotour Pro 2 - Style tab - Autopano, o. J., <http://www.kolor.com/wiki-en/action/view/Panotour_Pro_2_-_Style_tab>, Stand: 15.01.2015.

Panotour Tutorials - Create a simple virtual tour and upload it on Google Drive - Autopano, o. J., <http://www.kolor.com/wiki-en/action/view/Panotour_Tutorials_-_Create_a_simple_virtual_tour_and_upload_it_on_Google_Drive>, Stand: 15.01.2015.

Building a Tour (Pano2VR) | Garden Gnome Software, o. J., <[http://ggnome.com/wiki/Building_a_Tour_\(Pano2VR\)](http://ggnome.com/wiki/Building_a_Tour_(Pano2VR))>, Stand: 15.01.2015.

Polarisationsfilter - Funktionsweise, o. J., <<http://www.filmtechnik-online.de/filmtechnik/polarisa.htm>>, Stand: 30.01.2015.

panoramatypen.png (PNG-Grafik, 130 × 280 Pixel), o. J., <<http://www.360-grad-rundgaenge.de/images/stories/panoramatypen.png>>, Stand: 03.02.2015.

interpolation.jpg (JPEG-Grafik, 446 × 520 Pixel), o. J., <http://referate.mezdata.de/sj2009/dslr_sinan-saglam/res-visdoc/interpolation.jpg>, Stand: 03.02.2015.

3433326_original.jpg (JPEG-Grafik, 660 × 495 Pixel), o. J., <http://bilder.pcwelt.de/3433326_original.jpg>, Stand: 03.02.2015.

bildkonstruktion_dickelinse.png (PNG-Grafik, 428 × 231 Pixel), o. J., <http://www.chemgapedia.de/vsengine/media/vsc/de/ph/14/ep/einfuehrung/geooptik/bilder/bildkonstruktion_dickelinse.png>, Stand: 03.02.2015.

02.jpg (JPEG-Grafik, 2000 × 920 Pixel), o. J., <<https://fotopraxis.files.wordpress.com/2013/03/02.jpg>>, Stand: 03.02.2015.

mars-panorama.jpg (JPEG-Grafik, 1400 × 483 Pixel), o. J., <<http://space-facts.com/wp-content/uploads/mars-panorama.jpg>>, Stand: 27.12.2014.

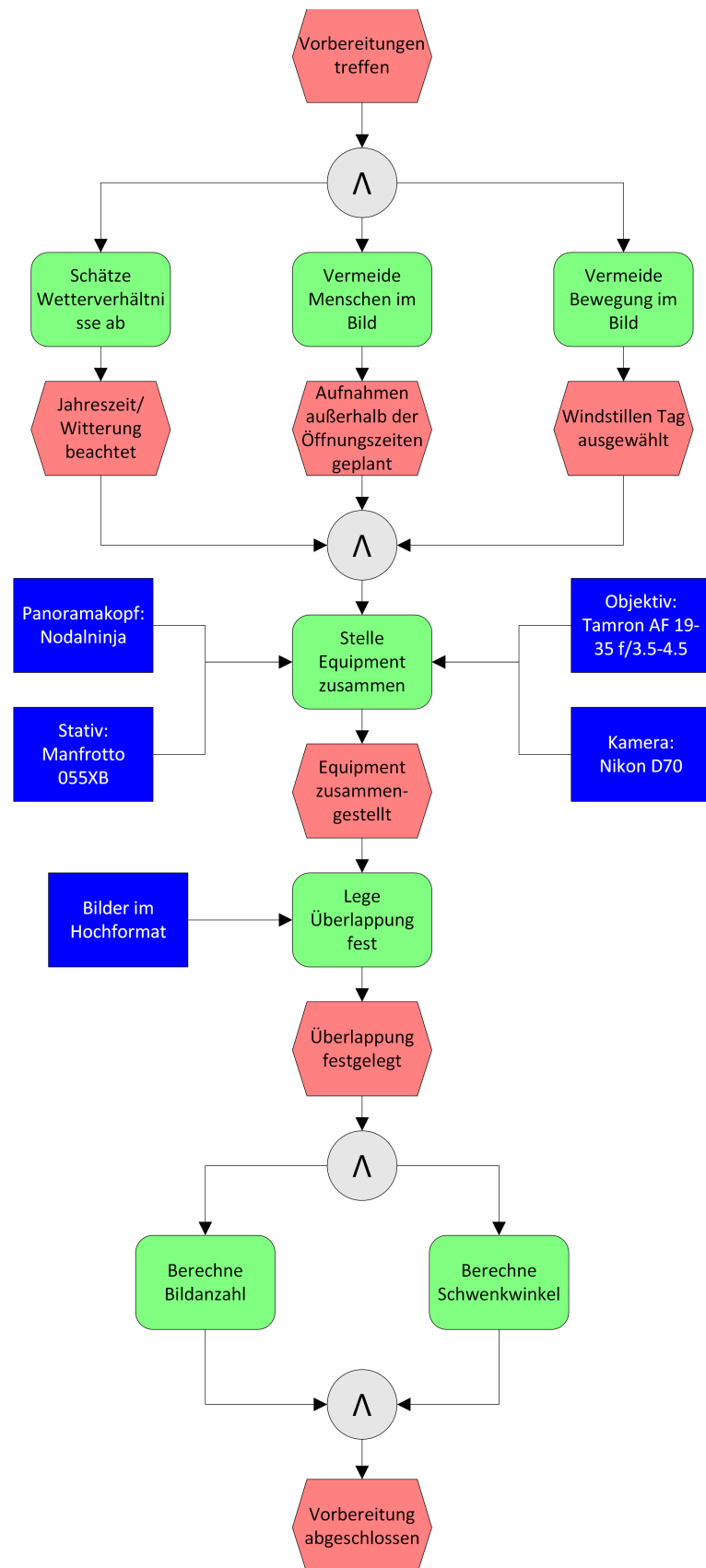
Napili Kai Beach Resort, o. J., <<http://www.gigapan.com/gigapans/62185/>>, Stand: 03.02.2015.

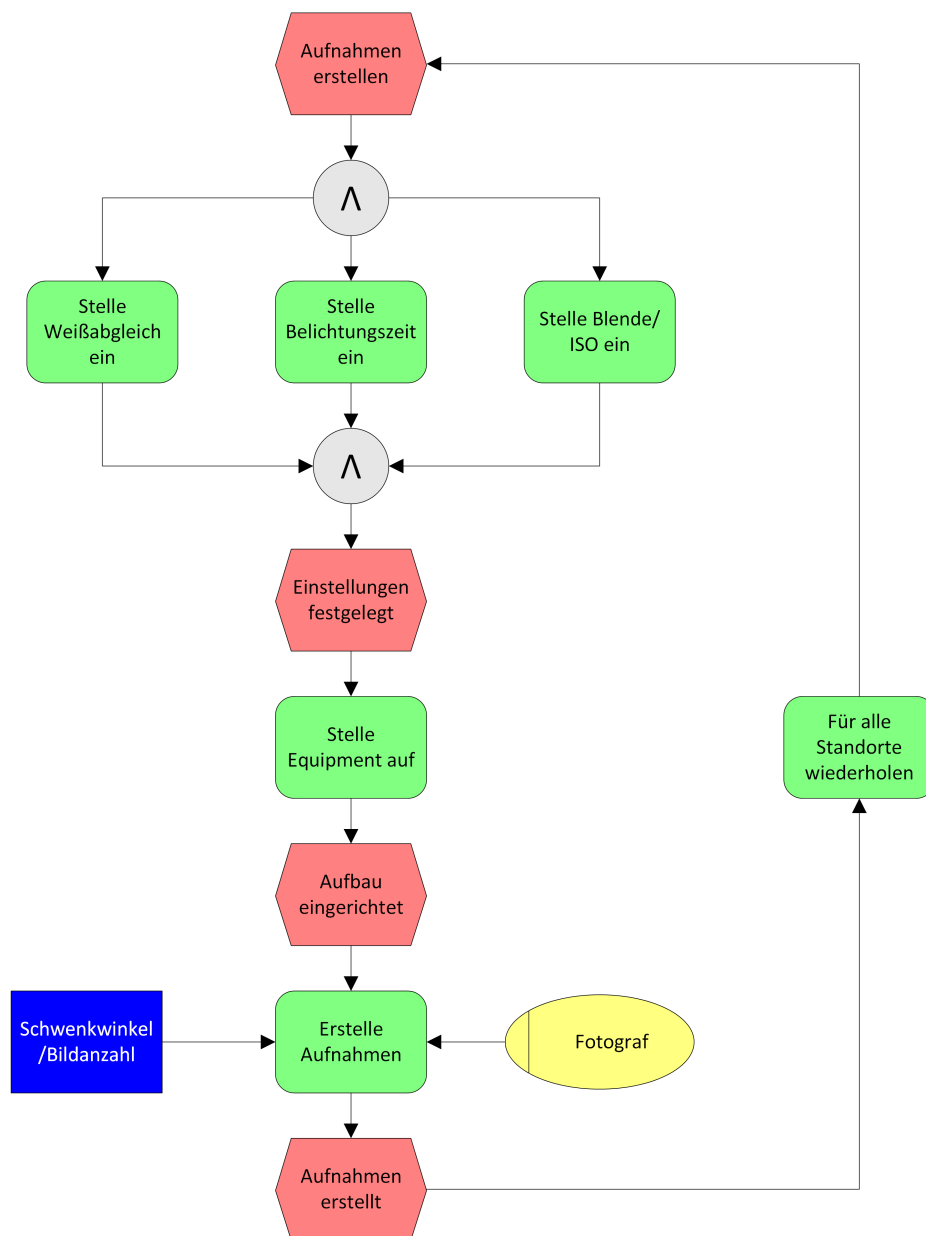
Ptp2_Style_Main.png (PNG-Grafik, 634 × 375 Pixel), o. J., <http://www.kolor.com/wiki-en/images-en/8/8d/Ptp2_Style_Main.png>, Stand: 03.02.2015.

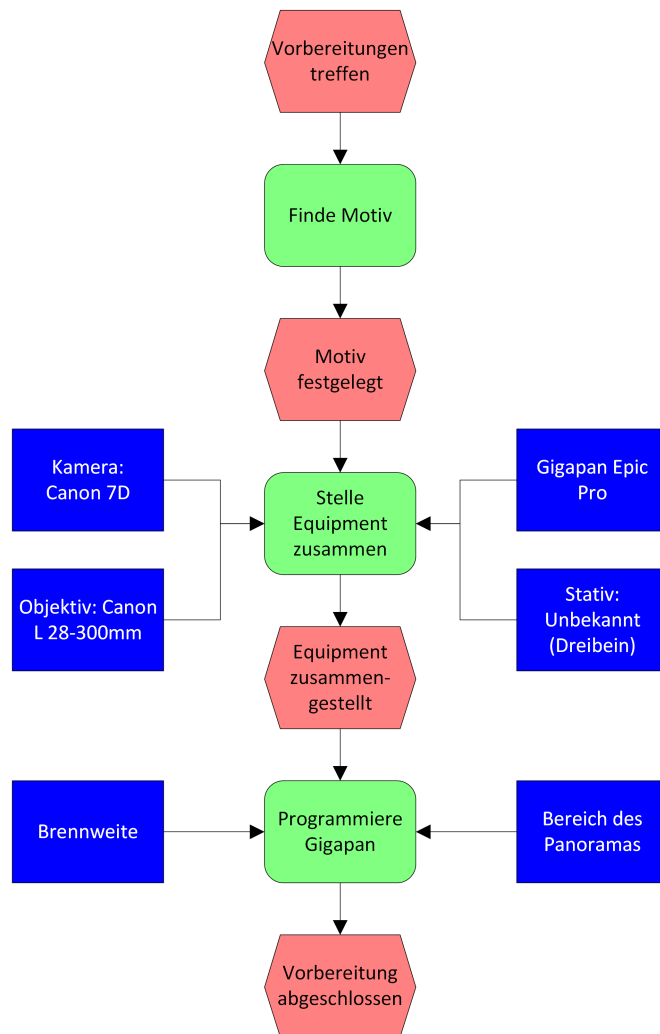
skineditor-2.png (PNG-Grafik, 1389 × 682 Pixel), o. J., <<http://ggnome.com/sites/default/files/skineditor-2.png>>, Stand: 03.02.2015.

Anlagen

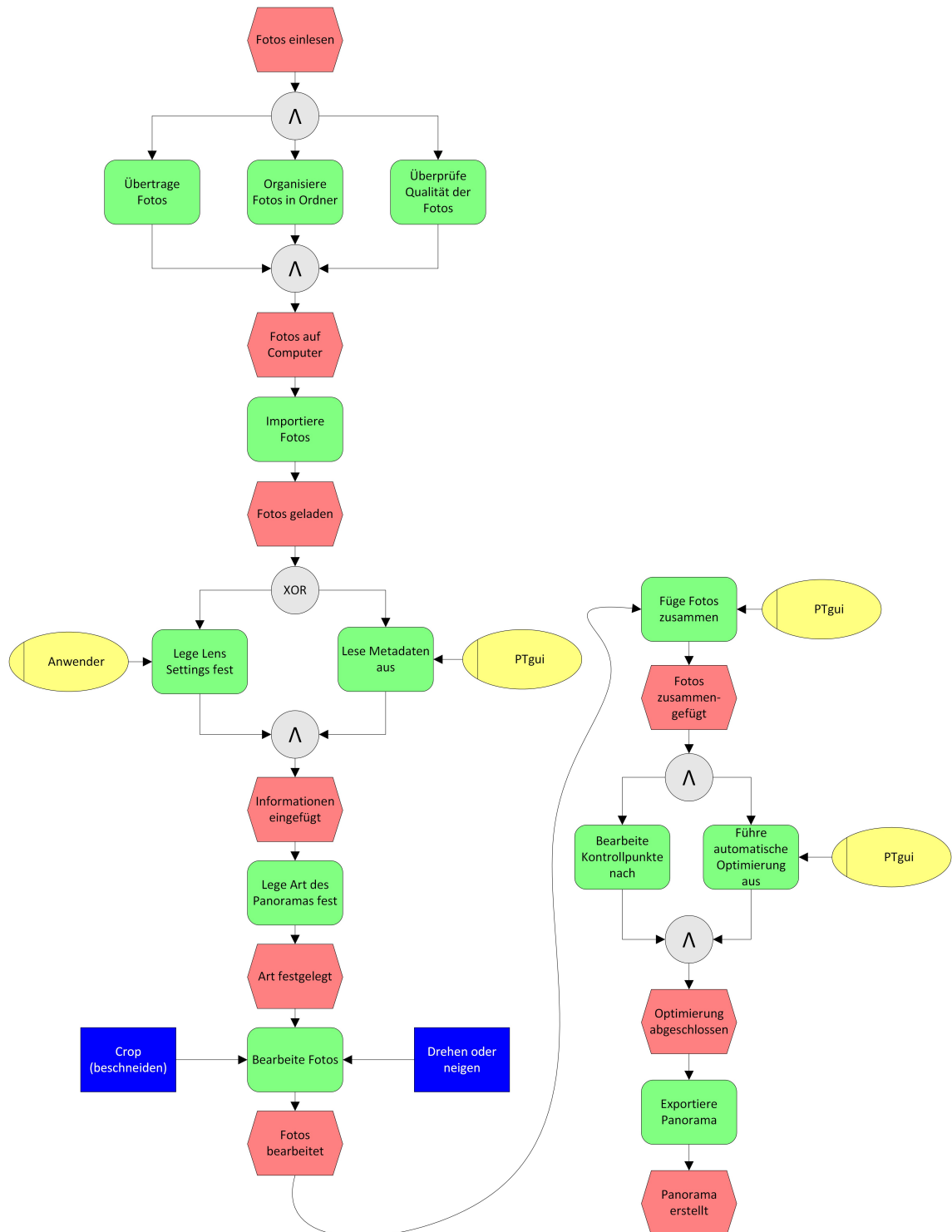
Anlage 1:	EPK-Diagramm Einzelfotos Thomas Kraetschmer	Seite XV-XVI
Anlage 2:	EPK-Diagramm Einzelfotos Peter West Carey	Seite XVII-XVIII
Anlage 3:	EPK-Diagramm PTgui Thomas Kraetschmer	Seite XIX
Anlage 4:	EPK-Diagramm Autopano Peter West Carey	Seite XX
Anlage 5:	EPK-Diagramm Panotour Pro Kolor	Seite XXI
Anlage 6:	EPK-Diagramm Pano2VR GardenGnome Software	Seite XXII

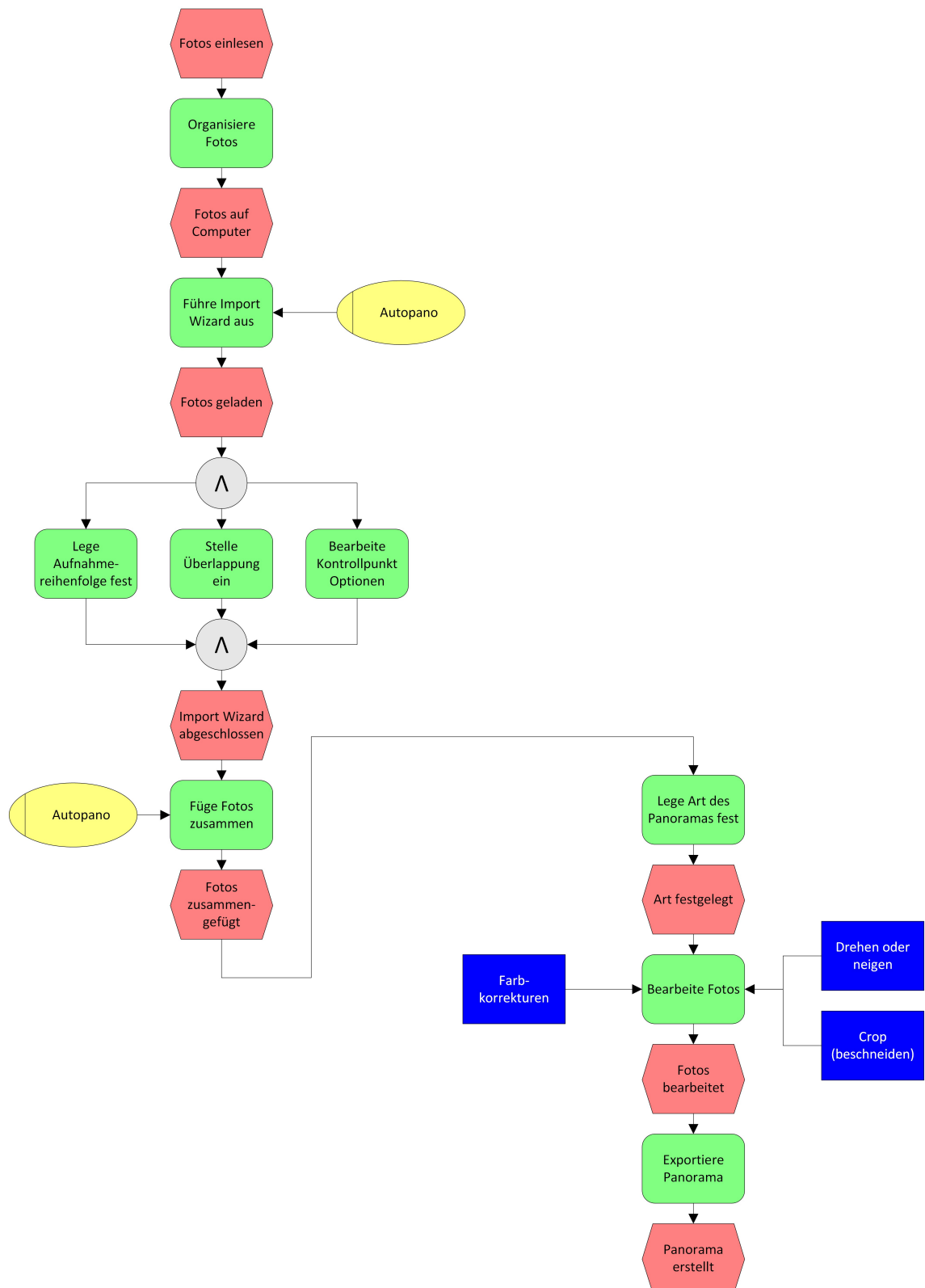
Anlage 1: EPK-Diagramm Einzelfotos Thomas Kraetschmer

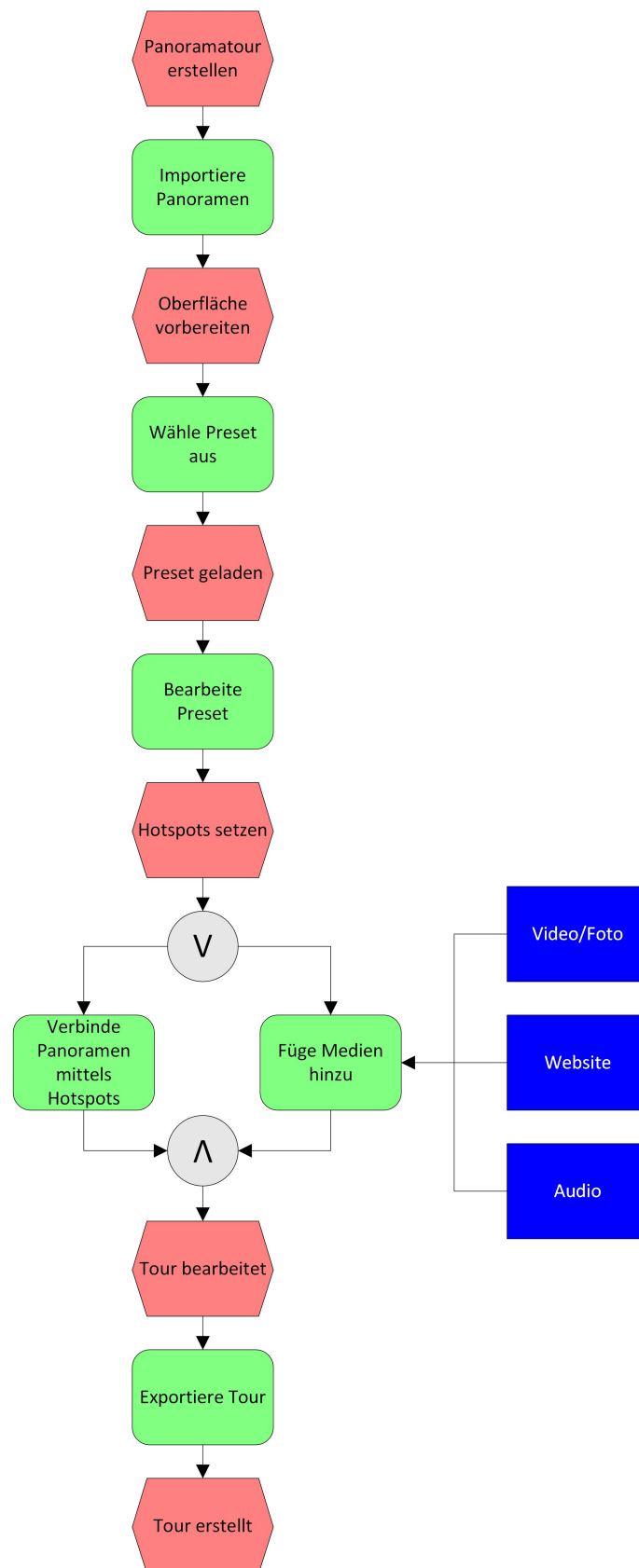


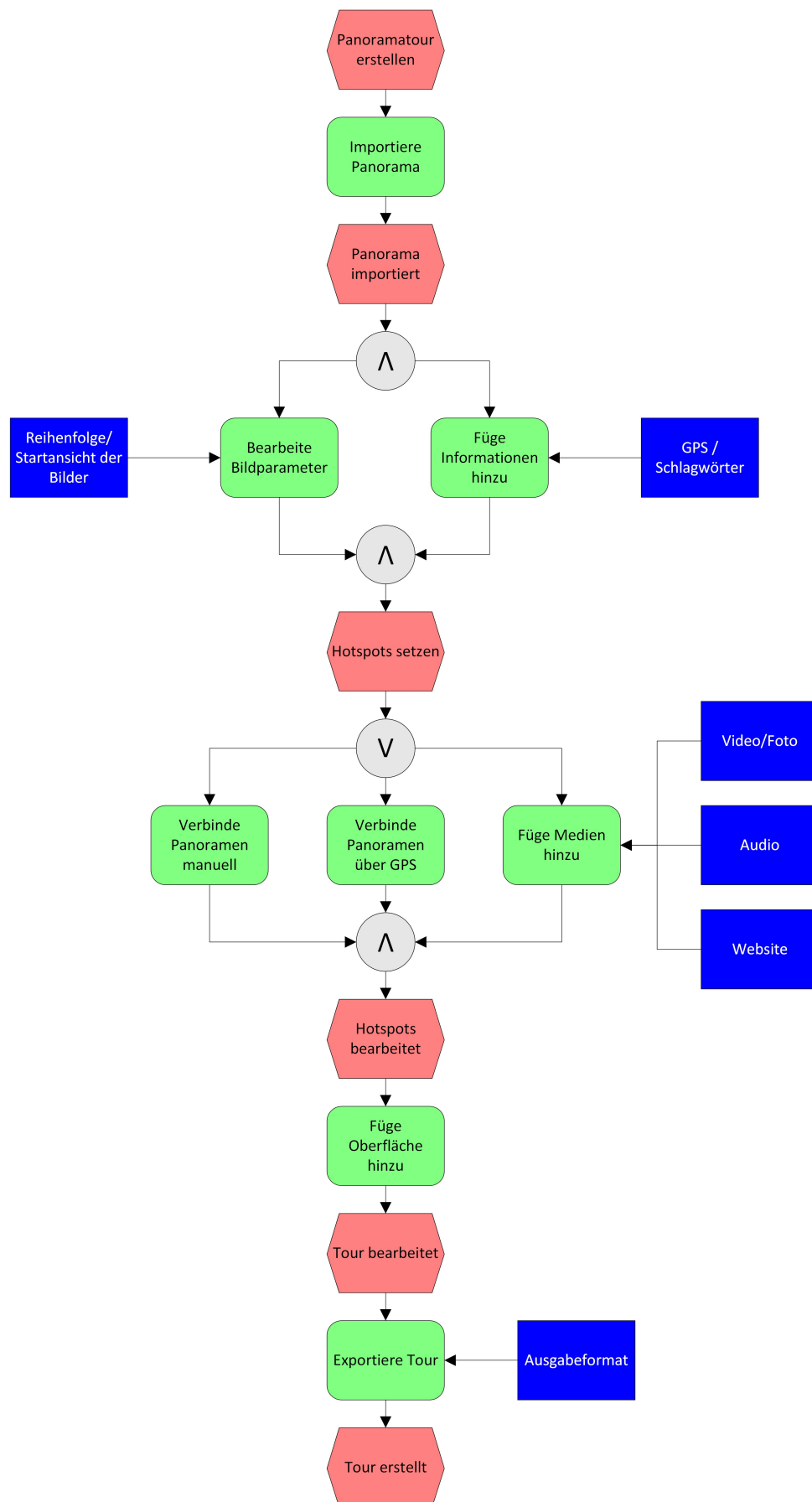
Anlage 2: EPK-Diagramm Einzelfotos Peter West Carey



Anlage 3: EPK-Diagramm PTgui Thomas Kraetschmer

Anlage 4: EPK-Diagramm Autopano Peter West Carey

Anlage 5: EPK-Diagramm Panotour Pro Kolor

Anlage 6: EPK-Diagramm Pano2VR GardenGnome Software

Eigenständigkeitserklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und nur unter Verwendung der angegebenen Literatur und Hilfsmittel angefertigt habe. Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus Quellen entnommen wurden, sind als solche kenntlich gemacht. Diese Arbeit wurde in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

Mittweida, den 5. Februar 2015

Thomas Wolf